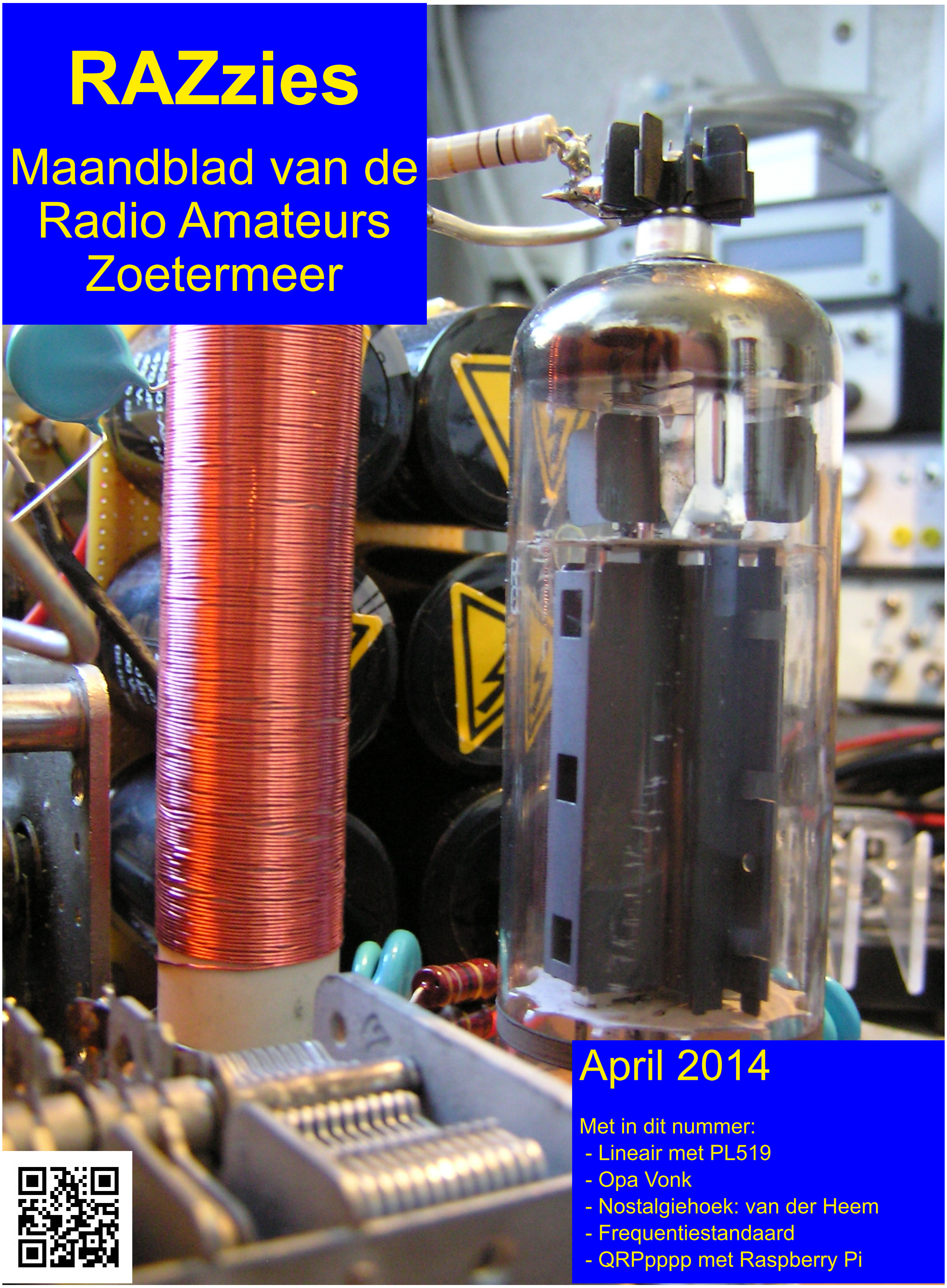
RAZzies

Maandblad van de Radio Amateurs Zoetermeer



April 2014

Met in dit nummer:

- Lineair met PL519
- Opa Vonk
- Nostalgiehoek: van der Heem
- Frequentiestandaard
- QRPpppp met Raspberry Pi

Colofon

RAZzies is een uitgave van de Radio Amateurs Zoetermeer. Bijeenkomsten van de Radio Amateurs Zoetermeer vinden plaats op elke tweede en vierde woensdag van de maanden september - juni om 20:00 uur in het clubhuis van de Midgetgolfclub Zoetermeer in het Vernède sportpark in Zoetermeer.

Website:

http://www.pi4raz.nl

Redactie:

Frank Waarsenburg
PA3CNO
pa3cno@pi4raz.nl

Informatie:

info@pi4raz.nl

Kopij en op- of aanmerkingen kunnen verstuurd worden naar razzies@pi4raz.nl

Nieuwsbrief:

http://pi4raz.nl/maillist/subscribe.php

Van de redactie

Voor jullie ligt een superdikke RAZzie. Dat is dan meteen een voordeel van "between jobs" zijn: extra tijd voor het schrijven van het blad. Deze maand werd ik aangenaam verrast door het aanbod van Wim Kruyf PA0WV van 4 artikelen voor de RAZzies. Wim is in de amateurwereld geen onbekende; wij hebben hem ook al eens mogen verwelkomen voor het geven van een lezing. Zijn uitgesproken mening over radioamateurs (zie DEZE link) wordt hem niet altijd in dank afgenomen, maar ik zie daar de humor wel van in. We zijn tegenwoordig veel te zwartgallig en bij elk ongevoegelijk woord wordt al een meldpunt opgericht en als het even tegen zit, een commissie die de "zaak" gaat onderzoeken, uiteraard op kosten van de belastingbetaler. Ik ben uitermate blij met deze bijdragen, en ik hoop dat velen van jullie dit voorbeeld zullen volgen. Ons verenigingsblaadje voor de hooguit 65 leden die de VERON Zoetermeer kent wordt inmiddels meer dan 300x gedownload door unieke IP nummers, dus ik ga er maar vanuit dat onze experimenten op prijs gesteld worden. Gelukkig hebben wij een vrij technisch geörienteerde afdeling waar heel wat afgeknutseld en geëxperimenteerd wordt, wat tot nu toe genoeg stof tot schrijven heeft opgeleverd. Maar jouw ervaringen doen er ook toe! Schrijf ons eens waar je zelf mee bezig bent in de hobby. Het kan anderen weer stof tot nadenken en/of experimenteren geven en dat is nou precies waar het om gaat in de hobby. Mail adressen vind je in het Colofon. Ik hoop dat jullie de uitdaging aangaan!

Eindtrap met PL519 buis

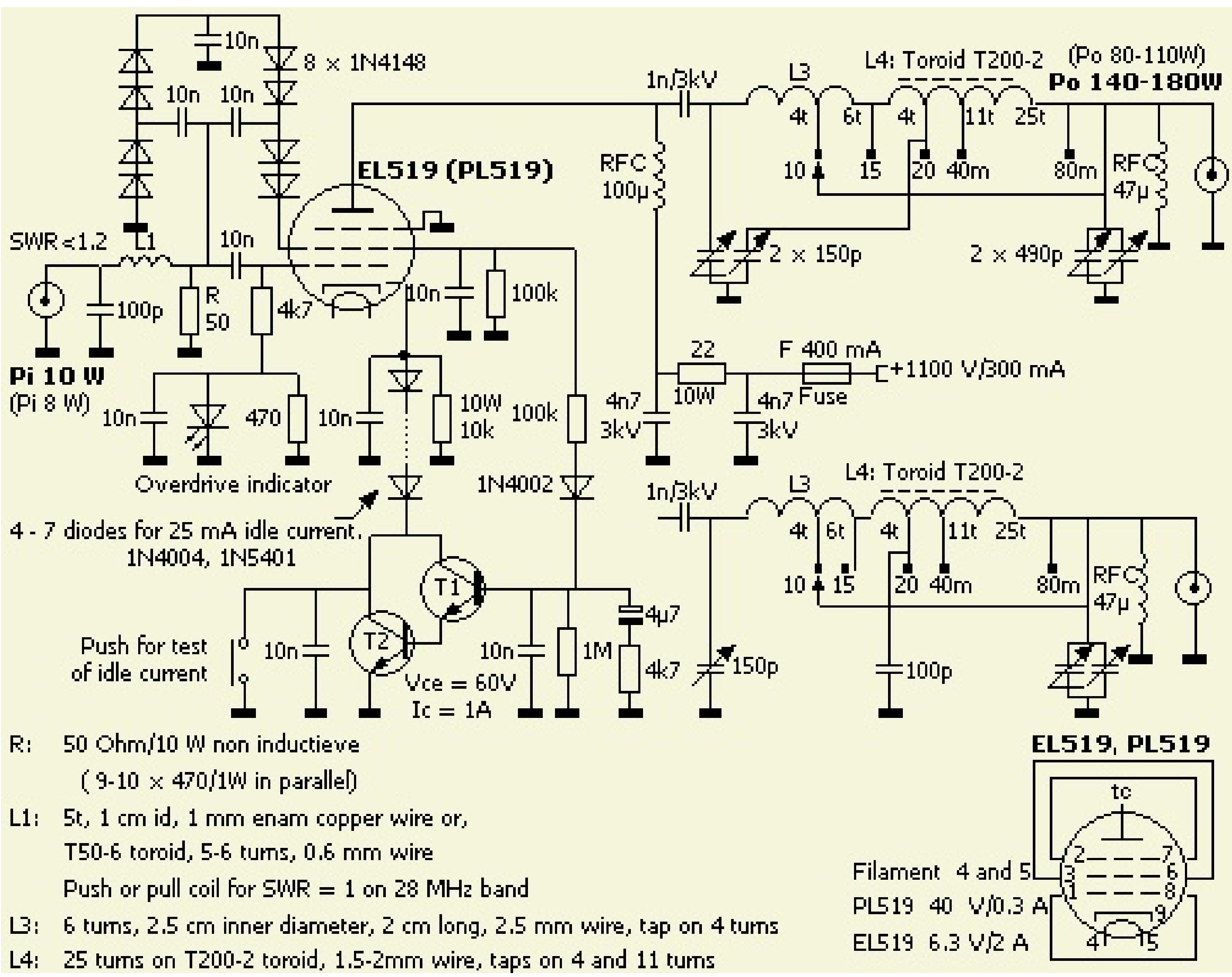
Frank Waarsenburg, PA3CNO

Al enige tijd geleden (denk al 2 jaar..) bedachen we met een aantal amateurs binnen de club om eens "iets" met een buis te gaan doen. Gewoon, omdat het weer eens wat anders is. Na enig literatuuronderzoek besloten we een PL519 eindtrap van Frits PA0FRI te gaan bouwen. Ik schrijf met opzet "een" en niet "de", omdat Frits verschillende versies beschrijft; van 1 tot 4 buizen en van simpel tot ingewikkelder. De site van Frits staat vol met interessante wetenswaardigheden over buizeneindtrappen en getuigenissen van amateurs die zijn ontwerpen met succes nagebouwd hebben. Wat kan er dan misgaan zou je denken. Dat lees je in de rest van dit verhaal...

De meesten van ons gingen voor een versie met één enkele PL519 of EL519 (die iets robuuster zijn dan de 509's met dezelfde prefix die overigens ook goed bruikbaar zijn). De maximaal beloofde vermogens (ca. 180W) zijn dan nog te hanteren door onze tuners, vallen nog redelijkerwijs binnen onze machtigingsvoorwaarden en de benodigde transformatoren zijn met enige inspanning nog te vinden. De beste plek om aan onderdelen te komen zijn radiobeurzen; bij mij zijn Rosmalen en de Lichtmis favoriet omdat dat nog echte tweedehands beurzen zijn.

Veel andere beurzen zijn "handelarenbeurzen" geworden waar je je scheel kunt kopen aan (Japanse of Chinese) koopdozen, verloopjes en antennes in blisterverpakking (dixit PA0WV) maar waar je met moeite aan een PL519, afstemcondensator, transformator of buisvoet kunt komen. En dat maakt beurzen (voor mij althans) juist zo leuk. Afijn, de juiste onderdelen werden verzameld en het ontwerp gekozen, zie schema. Het verschil tussen een EL519 en een PL519 zit 'm in de gloeidraad voeding: een EL519 heeft gewoon 6,3V nodig maar bij 2A, en een PL519 is een 300mA serievoedingsbuis, waarvoor 40V nodig is om die 300mA te laten lopen. Het is maar welke buis en/of trafo je voorhanden hebt. Persoonlijk tikte ik voor €2 een trafo op de kop met een 7V, 14V en een 20V wikkeling, wat in serie 41V op zou moeten leveren. Voor wat de anodevoeding betreft, daarover later meer.

Het schema zelf is betrekkelijk eenvoudig. Het signaal komt binnen op het stuurrooster en er is sprake van geaarde kathodeschakeling (bij zware eindtrappen zie je ook vaak geaarde roosterschakeling: het ingestuurde vermogen draagt dan bij aan het uitgangsvermogen. Dat is hier niet het geval). Het ingangsvermogen wordt opgestookt in de 50 Ohm weerstand achter L1. L1 en de 100pF condensator stemmen de relatief grote roostercapaciteit uit op 10m zodat de SWR binnen bruikbare grenzen blijft. Met de 8 1N4148 dioden en de 10nF condensatoren wordt spanningsverviervoudiging gerealiseerd die ervoor zorgt dat de schermroosterspanning meebeweegt met het ingangssignaal. Een soort glijdende klasse-A instelling. In de kathode zijn een aantal 1N4004 (ik gebruikte 1N4007) dioden



opgenomen waarmee de ruststroom wordt ingesteld door er zoveel kort te sluiten dat de uiteindelijke ruststroom 25mA is bij 1300V.

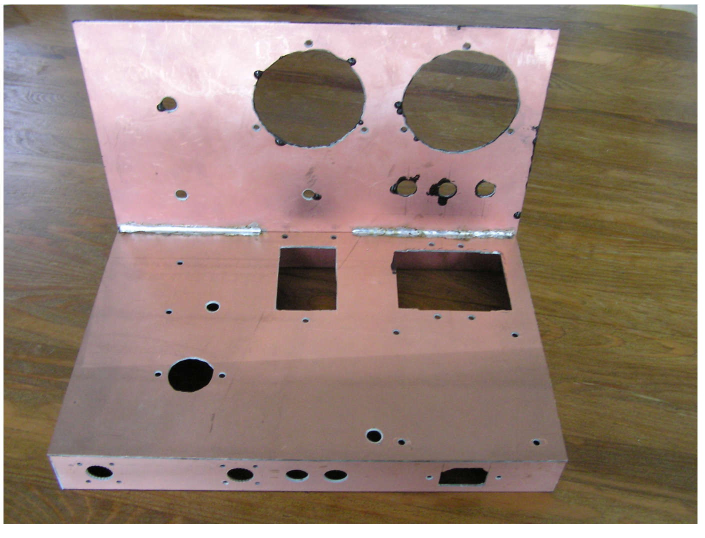
Dat gezegd hebbende: de buis krijgt behoorlijk op zijn lazer in dit ontwerp. De buis was bedoeld als lijneindbuis in een televisie en is gespecificeerd voor een anodedissipatie van 35W en een maximale anodespanning in koude toestand van 700V. 25mA bij 1300V levert al 32.5W warmte op en dan doet hij nog niets, nog afgezien van dat die 1300V bijna het dubbele van de specificatie is. Bij volle uitsturing loopt er moeiteloos 200mA door de buis en dat is 260W input. Met 50% rendement wordt er dan 130W gedissipeerd en dat is vier maal de maximaal toegestane anodedissipatie. Onnodig te zeggen dat dit ontwerp niet geschikt is voor signalen met hoge duty-cycle zoals FM of PSK. Binnen 30 seconden is de buis dan gesmolten. Met CW of SSB gaat het allemaal maar net goed. Je moet goed weten wat je doet met deze eindtrap: het is zeker geen beginnersproject.

Terug naar het schema. De spanningsvervier-voudiger doet nog meer: die stuurt ook een darlington open waarmee de reeks dioden in de kathode naar massa geschakeld wordt waardoor er stroom gaat lopen in de buis zodra er ingangssignaal aanwezig is. De transistoren moeten minimaal 60V over collector-emitter kunnen verdragen om heel te blijven in rust.

Aan de uitgang is een Pi-filter opgenomen met een luchtspoel voor 10 en 15m en een T200-2 voor de banden 80 t/m 20m. Er is alleen gedacht aan de ouderwetse banden 80-40-20-15-10m en niet aan de WARC-banden. Maar 12m doet het bij mij uitstekend in de 10m stand, en 17m in de 15m stand. Voor 30m maakte ik een extra aftakking op de spoel, waarover later meer. Wil je ook 160m, dan zijn wat extra aanpassingen nodig. Ik heb het er zelf niet ingebouwd. Voor mij dient de eindtrap als achterzet voor mijn QRP transceivers en die heb ik van 80 t/m 17m. De noodzaak voor 160m was er dus niet.

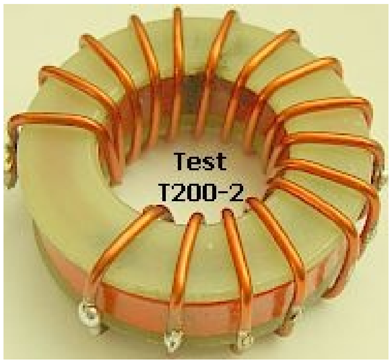
De 2x 150p afstem-C is een beetje krom verbonden lijkt het, maar het idee erachter is dat op de banden onder 20m de tweede sectie (verbonden met de 20m-stand van de schakelaar) vrijwel parallel staat aan de eerste sectie om zo het regelbereik te vergroten op de lage banden. Daar staat de grootste spanning over en hier is enige plaatafstand wel wenselijk. Over de uitgang staat maximaal zo'n 140V piek en dat trekt een 2x500p omroep-C ook nog wel. De 47uH spoel over de uitgang is er voor je veiligheid en zorgt ervoor dat als de condensator van de anode naar het Pi-filter doorslaat, er geen 1300V op de antenne-uitgang komt te staan.

Gert PE0MGB was de eerste die 'm bouwde, en de resultaten waren bedroevend. Het rendement was allerbelabberdst (ordegrootte in de 20%) en de eindtrap produceerde dientengevolge meer warmte dan HF. Ook na avonden theoretiseren en experimenteren kwamen we er niet uit en uiteindelijk verdween het project op een plank totdat er vergelijkingsmateriaal voorhanden zou zijn. Dat vergelijkingsmateriaal kwam er deze winter (nou ja, geprolongeerde herfst) doordat ondergetekende nu ook de handschoen had opgepakt en aan de bouw begonnen was. Dat begon met de mechanica, oftewel het chassis. Dat werd gefabriceerd van stukken dik (2mm) dubbelzijdig printplaat wat eveneens afkomstig is van radiobeurzen.



Chassis van printplaat, gezien vanaf de achterzijde. Uitsparingen in de frontplaat voor meters en schakelaars, en in het chassis voor de diverse componenten.

Uiteraard moest ook de T200-2 spoel gewikkeld worden. Frits PA0FRI geeft daarvoor op zijn website twee mogelijkheden: ofwel de kern isoleren met teflon tape zoals dat bij het dichten van gasleidingen gebruikt wordt, ofwel door toepassing van twee ringen van printplaat zonder koper die als isolatie dienen. Ik besprak de twee mogelijkheden met Gert tijdens een QSO over de vorderingen van mijn eindtrap, en zei hem dat ik de methode met de isolatieringen niet zag zitten, omdat de twee ringen een in mijn ogen ontoelaatbaar grote luchtspleet zouden veroorzaken. Het was even stil aan de andere kant, en Gert bedacht dat ik daarmee wel eens zijn probleem benoemd zou kunnen hebben, omdat hij inderdaad de isolatiering-methode had toegepast. Nog diezelfde dag meldde Gert dat hij de T200 opnieuw gewikkeld had zonder de ringen, waarbij hij 33cm draad over had gehouden! En nu werkte de eindtrap een heel stuk beter. Rendementen van rond de 60% met ongeveer 100W op alle banden. Moraal van het verhaal: Gebruik GEEN (printplaat) ringen, maar eventueel teflon tape. Aangezien ik dat wel ooit gehad had maar dat geleend was door één van de QRP's, heb ik gewoon plakband gebruikt. Als die T200 zo heet wordt dat het plakband zou smelten, heb ik een probleem van een heel andere orde...



Trafo met isolatieringen

Aangezien ik graag zie wat er zoal gebeurt in een buizeneindtrap, had ik - eveneens op een beurs - twee paneelmeters op de kop getikt. De ene meter had een dubbele schaal van 0-50 en van 0-250mA, en de andere meter had een hele reeks schalen: van 0-1mA in 0,2mA stappen; van 0-250V, 0-500V en 0-1000V. Helaas niet tot 1500V... Ik besloot om de voltmeterschaal tot 250V te gebruiken en die x10. Dat betekent 2500V volle schaal. Bij het bepalen van de volle schaal van de meter kwam ik op 0,48mA volle schaal. Dat betekent weer dat de serieweerstand voor 2500V volle schaal moet zijn:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{2500}{0,00048} = 5,21M\Omega$$

Ik nam hiervoor 5 weerstanden van 1M in serie. In mijn jeugd had ik ooit al eens een eindtrap gebouwd met een QQE06-40 en daar één enkele 1M weerstand gebruikt voor een 1000V voeding. Maar dan kleunt de hoogspanning over de koolweerstand ringen heen en gaat de weerstand staan knetteren, met mogelijke schade aan de meter tot gevolg. Een koolweerstand mag niet meer dan 250V over zich heen hebben. Dat gaat met 5 weerstanden bij 1300V nèt goed...

De stroommeter was een geval apart. Ondanks de schalen die toch minimaal 50mA volle schaal deden vermoeden, lag bij een test de volle schaal bij 10mA waarbij er 0,1V over de meter viel. Ofwel een inwendige weerstand van:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{0.1}{0,01} = 10\Omega$$

Ik vond die 250mA wel een mooie volle schaal. Dan gaat er bij 1300V zo'n 325W die buis in, en dat is aan de onbeschofte kant gezien zijn maximale anodedissipatie van 35W. Goed genoeg. Aangezien de meter 10mA volle schaal heeft, moet er een shuntweerstand overheen die de andere 240mA "opeet". We wisten al dat er dan 0,1V over de weerstanden staat, dus dan zijn stroom en spanning bekend. Voor de weerstand geldt dan weer:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{0.1}{0.24} = 0.417\Omega$$

Ik nam hiervoor twee weerstanden van 0,82 Ohm uit de standaard E12 reeks parallel, wat neerkomt op 0,41 Ohm. Er zit vast nog wel wat weerstand in de aansluitdraden die voor de ontbrekende 0,007 Ohm zorgt. Overigens nam ik de stroommeter op in de kathodeleiding (in serie met de reeks dioden die voor de ruststroom instelling zorgt) en niet in de 1300V. De kathodestroom is vrijwel gelijk aan de anodestroom maar de spanningen zijn een stuk lager...



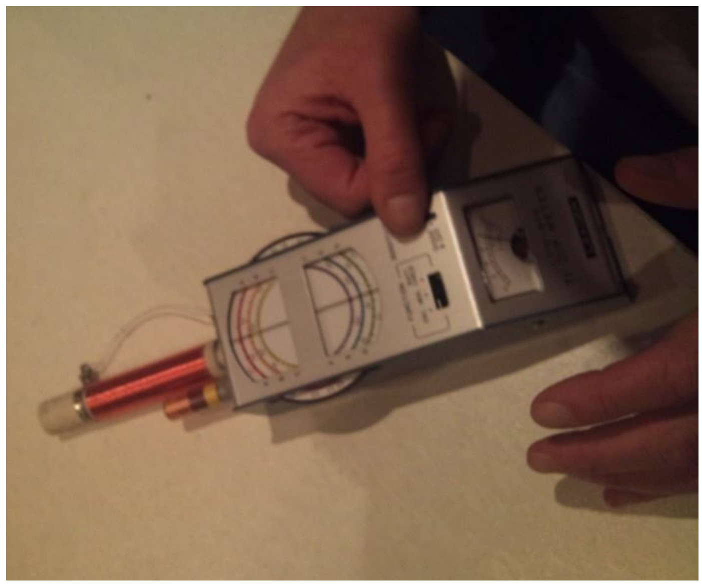
De twee meters voor stroom en spanning

Voor het omschakelen van de banden gebruik ik een 6-standen schakelaar, type Conrad (plastic). Dat leverde op een clubavond nog even een discussie op: de meeste amateurs die ooit iets met buizen hebben gedaan zien daar het liefst toch grofstoffelijke keramische schakeldekken vanwege de stromen en spanningen. Nou laat zich makkelijk uitrekenen dat zelfs bij 200W uitgangsvermogen de maximale stroom gelijk is aan:

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{200}{50}} = \sqrt{4} = 2A$$

en dat durf ik nog wel door zo'n schakelaar heen te trekken. Je moet er natuurlijk niet aan draaien tijdens het zenden, maar dat moet je met een keramische schakelaar ook niet, als je geen vlambogen wilt trekken en zo de contacten verbranden. Dat soort schakelaars wordt altijd geleverd in een uitvoering waarbij het aantal moedercontacten vermenigvuldigd met het aantal standen gelijk aan 12 is. Dus 2x6, 3x4, 4x3 etc. In mijn geval dus twee moedercontacten en zes standen. Wat dat voor voordelen heeft zal zo blijken. Om te beginnen heb ik één stand gebruikt voor een extra band: in het schema is sprake van 80-40-20-15-10m, en zelf heb ik niets wat op 160m uitkomt, dus die stand kan ik vergeten. Maar de sprong van 40 naar 20 vond ik wat groot om te gokken dat 30m (die ik als CW-er wél vaak gebruik) op één van die twee standen wel zou werken. Dus maakte ik een extra aftakking op de spoel voor 30m. Zes standen dus. Het tweede voordeel hou je nog even tegoed.

Dan de anode smoorspoel. Frits geeft nogal tegenstrijdige signalen af over dat ding. Zo ingewikkeld is het niet; in het schema staat 100uH gespecificeerd. Gert PE0MGB hielp me aan een keramisch spoellichaam van een oude weerstand en ik wikkelde het ding vol met 0,4mm draad. Waarde: 170uH. Genoeg zelfinductie. Wat van belang is, is dat de spoel niet ergens in resonantie is in een amateurband waarop je de eindtrap gebruikt. In (serie)resonantie heeft de spoel met de eigencapaciteit een heel lage impedantie en dat merk je als je buis een taille begint te krijgen van de hitte en de naald van de stroommeter krom in de hoek staat. Hoe vind je dat uit? De spoel kortsluiten en met een ouderwetse griddipper kijken of hij ergens in de amateurband dipt. Doet hij dat, dan windingen eraf halen of eventueel de spoel segmenteren (een spatie inlassen en dan verder wikkelen).

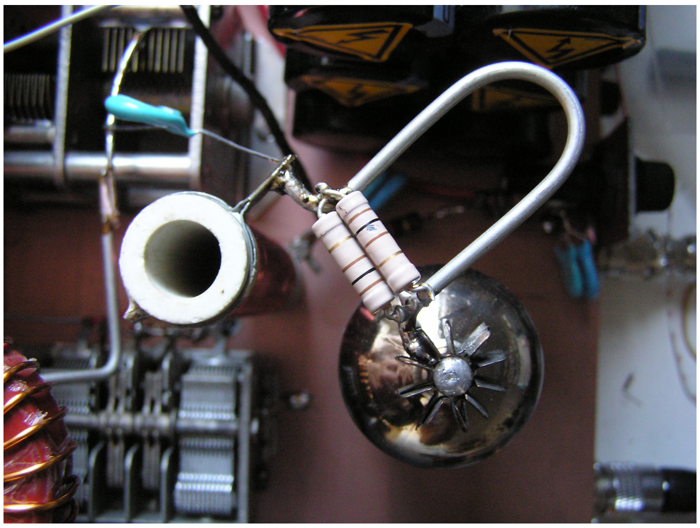


Kortgesloten spoel "dippen"

Waar zit nou het tegen strijdige in? Dat Frits ergens anders op zijn site meldt dat die twee metalen ringen aan het uiteinde (waar je zo mooi de wikkeling op vast kunt zetten) een kortgesloten winding vormen en zo voor "vuurwerk" kunnen zorgen. Intussen wordt door de bandenschakelaar zonder problemen een deel van de spoel kortgesloten en daar hoor je niemand over. Ik liet de ringen zitten.



Als laatste de anode-aansluiting van de PL519. Zoals ik al schreef wordt de buis (on)behoorlijk buiten zijn specificaties bedreven. De daarbij ontwikkelde hitte moet zo goed mogelijk weg kunnen. Daarom adviseert Frits om als topaansluiting een koelster van een transistor te nemen zodat daar ook nog wat warmte weg kan. Ik heb dat advies maar opgevolgd en uit de junkbox zo'n koelster gevist. Zowel binnen als buiten blank gekrabt (binnen om contact te laten maken met de topaansluiting, en aan de buitenkant om aan te kunnen solderen) en daar vervolgens de hairpin aan gesoldeerd. Die dient om parasitaire oscillaties tegen te gaan: voor hoge frequenties vormt het ding een flinke impedantie en de weg die dan overblijft is door de weerstand die over de hairpin staat. Helpt het?

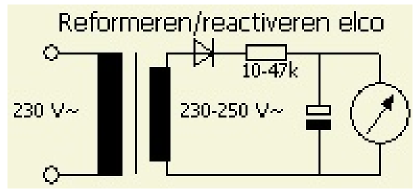


Haarspeld, weerstanden en koelster.

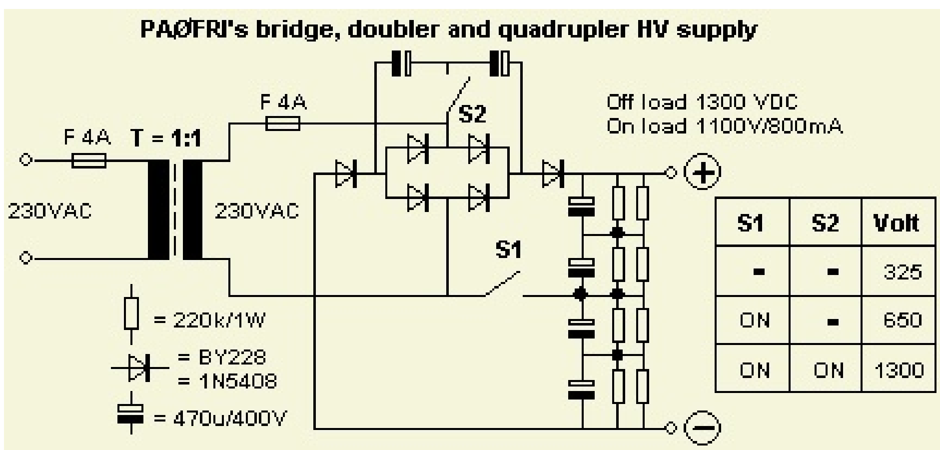
Denk het wel. Ik had eerst een 47 Ohm 1/4W weerstand over de hairpin zitten. Maar die kreeg ik in de fik op 10m. Vandaar dat er nu wat steviger 100 Ohm weerstanden parallel op die plek zitten. Die heb ik tot nu toe niet kapot gekregen.

Voeding

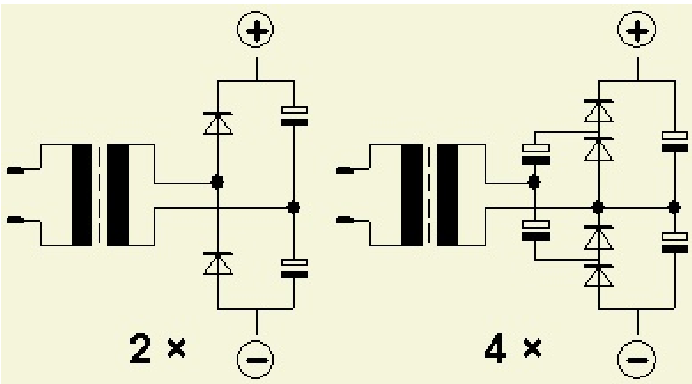
En dan moet er ook nog spanning op. In dat opzicht is Frits' ontwerp een juweeltje. Ik had ooit een scheidingstransformator gekocht van het Museum Jan Corver vanwege de meter die erin zat, niet vanwege de trafo. De meter is ondergebracht in mijn B2 replica, en de 330VA trafo stond op een nieuwe toekomst te wachten. Die was nu aangebroken. Voor de dioden werd gekozen voor de 1N5408 (Conrad heeft ze) en de elco's komen weer van een radiobeurs vandaan (het wordt eentonig, ik weet het) waar die dingen voor een schappelijke prijs te krijgen zijn. Ik "formeerde" de condensatoren eerst, wijs geworden door eerdere ervaringen met een Glowbug zender waar ik de elco's, die jaren niet gebruikt waren, zó aan de spanning hing en deze bloedheet werden. Ik zette ze alle zes parallel en dan een weerstandje in serie, zoals op het plaatje hieronder. Het knappe van de voeding zit 'm in de mogelijkheid om te verdubbelen of te verviervoudigen, waardoor je gefaseerd de spanning op de anode kunt opvoeren. En dat is vooral bij het tunen handig, zoals zal blijken.



Over elke elco werden bleeder weerstanden geplaatst zodat de spanning weg kan als de voeding onbelast is geweest. Voor schakelaar S2 nam ik een dubbelpolig type waarvan één sectie parallel gezet werd aan S1. In de waarheidstabel staat niet wat er gebeurt als S2 wél aangezet is, maar S1 niet. Ik wil het ook niet weten. Op deze manier is altijd aan de waarheidstabel voldaan. Ik nam voor de schakelaars van die ouderwetse hefboomschakelaars met soldeer-ogen. Lekker stevig, en het hoort ook een beetje bij een buizenapparaat. Met de aan-uitschakelaar erbij komt het aantal schakelaars op drie. Gaan we kijken naar de werking:

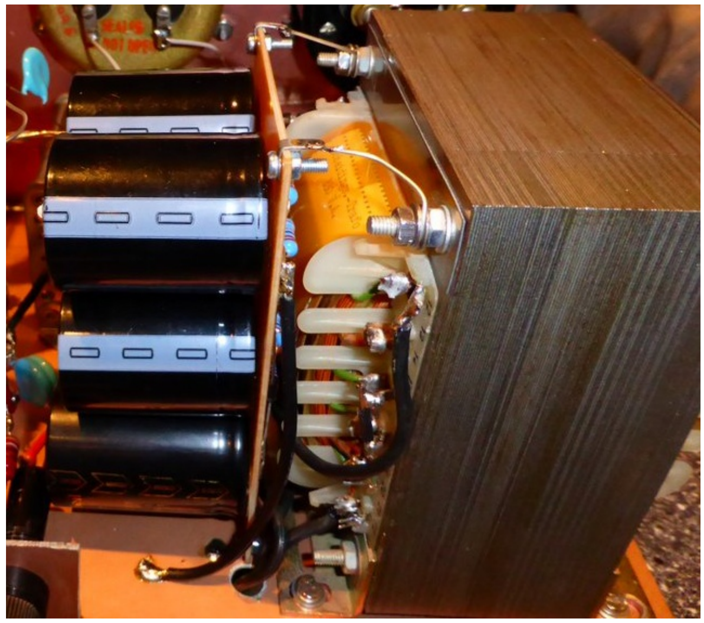


Met S1 en S2 open is er feitelijk sprake van een bruggelijkrichter waarbij de stroom onder S2 rechtsaf gaat door de twee dioden, daarna door 4 condensatoren in serie, weer door 2 dioden en dan links van S1 weer richting transformator. Tijdens de andere fase van de wisselspanning is de route onderzijde trafo, bij S1 naar boven en rechtsaf, door 4 elco's in serie, linksaf en omhoog naar de aftakking bij S2 en weer naar de bovenkant van de trafo. Over de elco's staat dus maar een kwart van de spanning van 325V en dat is ongeveer 80V per elco. Geen probleem. Hieronder zie je vereenvoudigd wat er bij verdubbeling en verviervoudiging gebeurt:



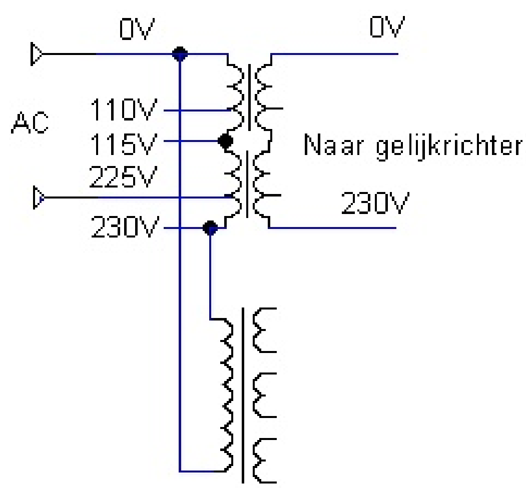
Is S1 gesloten, dan vindt er twee maal enkelfasige gelijkrichting plaats. Over elke serieschakeling van twee elco's komt nu 325V te staan, en dus is de totale uitgangsspanning nu 650V met ongeveer 160V over elke elco. Wordt ook S2 gesloten, dan gaat pas echt spanningsvermenigvuldiging plaatsvinden. Er komen nu twee elco's in serie met de spanning te staan en er is sprake van een ladingspomp: gedurende de negatieve periode wordt de elco links in het 4x plaatje opgeladen via de onderste diode van de bovenste twee. Wordt daarna de bovenkant van de trafo positief, dan komt de spanning van die elco in serie te staan met de spanning van de trafo en via de bovenste diode van de bovenste twee overgeheveld naar de elco rechtsboven. Die krijgt dus de dubbele spanningswaarde voor zijn kiezen, zijnde 650V (in het complete schema zijn dat er natuurlijk twee in serie, dus 325V per elco). Voor de onderste helft geldt hetzelfde: in totaal dus 1300V. Je hebt er alleen 2 perioden van de wisselspanning voor nodig. De stroom wordt evenredig kleiner, want het totale vermogen blijft (in mijn geval) gewoon 330VA.

De voeding werd opgebouwd op een stuk Euro-gaatjesprint, die vertikaal voor de secundaire kant van de transformator is geplaatst. Op die manier heb ik de hoogspanning in zijn geheel boven het chassis, zodat aan de onderkant uitsluitend laagspanning aanwezig is (de gloeidraad spanning en de relaissturing, waarover later meer).



Voedingsprint tegen de trafo aan

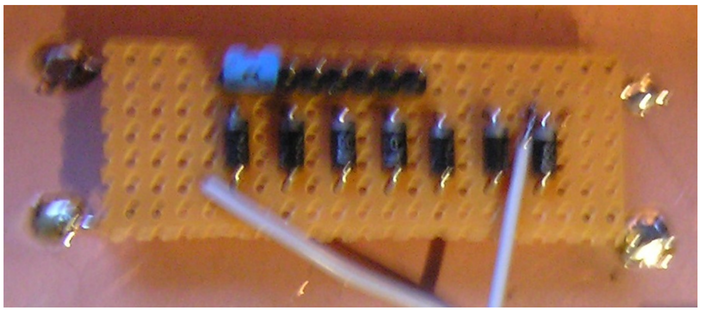
Er was nog een kleinigheidje op te lossen. De gloeispanningstrafo had zoals geschreven drie wikkelingen; 7V, 14V en 20V, samen goed voor 41V. Maar belast kwam ik niet hoger dan 37,5V. En hoewel zo'n 5% onder de nominale spanning als gunstig wordt beschouwd, vond ik het toch wat te weinig. Omdat de scheidingstrafo zowel primair als secundair over twee windingen van 110-115V beschikt, sloot ik de gloeispanningstrafo als volgt aan:



De netspanning is bij mij rond de 225V dus daarmee zit ik precies goed. Door de gloeispanningstrafo op de 230V wikkeling aan te sluiten, heb ik net 5% meer spanning en kom ik op een 38,4V belast. Ik reken het goed.

Voordat ik de hoogspanning erop zette (zekering even weggelaten) liet ik de buis een paar uur op uitsluitend gloeispanning staan. Daarmee brand je eventueel aanwezige zuurstofmoleculen uit het vacuum die bij volle hoogspanning voor een "flash-over" zouden kunnen zorgen.

En dan is het zover. Er moet spanning op. Het heeft drie dagen geduurd voor ik S2 over durfde te halen zodat de volle 1300V er op kwam te staan. Ik ben niet zo'n held met hoogspanning... Maar het ging goed. De eerste taak was het instellen van de ruststroom. Daarvoor moet één of meer van de reeks dioden in de kathode kortgesloten worden. Ik deed dat door over 4 dioden een headerstrip te zetten (van die pennetjes) zodat ik met simpele strapjes een diode kort kon sluiten. Uiteindelijk hoefde er maar 1 kortgesloten en toen zat ik op 23mA.

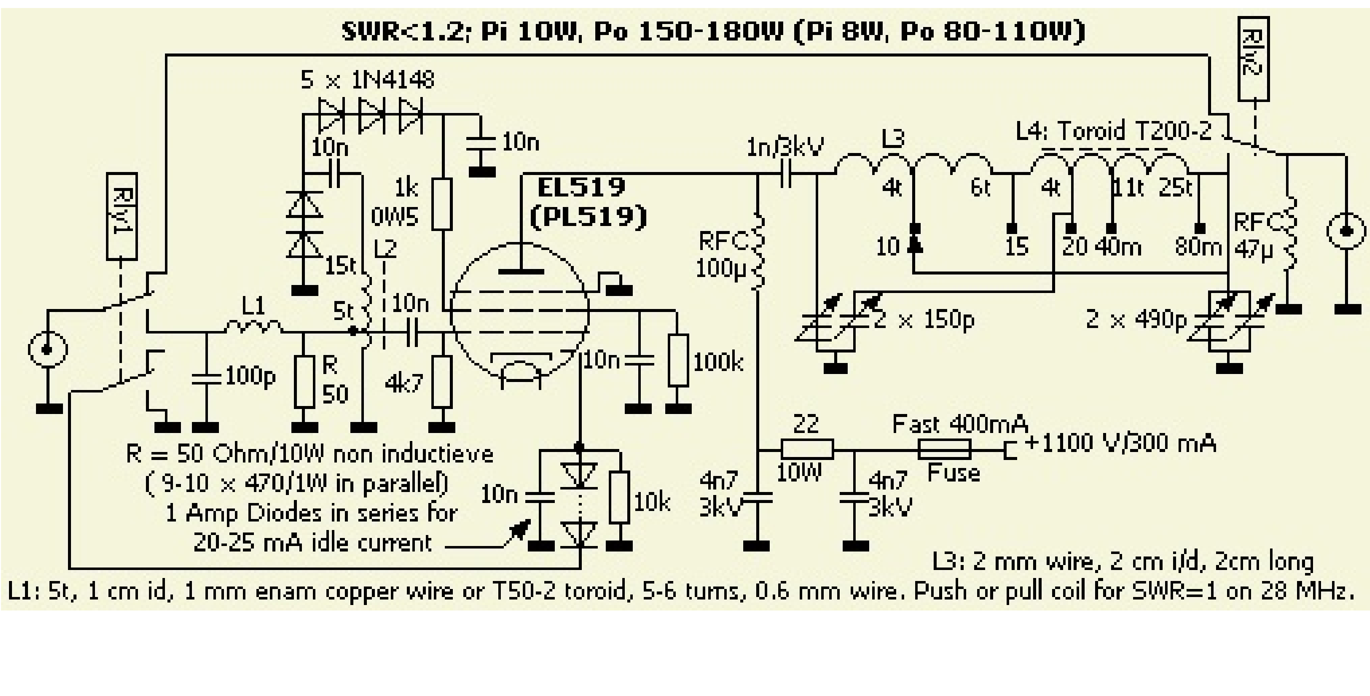


Ik moet hier nog even vermelden dat ik de zender iets anders opbouwde dan Gert, volgens het "simple design" van Frits. Het verschil zit 'm o.a. in de aansturing van het schermrooster: hier wordt gebruik gemaakt van een step-up transformatortje met spanningsverdrievoudiging in plaats van verviervoudiging met veel dioden. Ik vond het makkelijker om een trafootje te wikkelen dan zo'n bak dioden erin te solderen. Daarnaast vindt de aansturing van de kathode plaats over een relaiscontact in plaats van een darlington. Ik hou niet zo van transistoren in een buizenschakeling waar 1300V op staat. Dus daarom op deze manier (zie onderstaand schema).

Ik begon met een paar Watt in te sturen. Bij een buizeneindtrap begin je met de afstemcondensatoren op maximum. Dan draai je eerst de Tune-C terug totdat de anodestroom dipt. Vervolgens draai je de Load-C terug zodat er vermogen richting antenne gaat, en die twee optimaliseer je. Maar stuur je een paar Watt in zonder dat de Tune een beetje in afstemming is, dan loopt er echt 250mA of meer. Dat is 300W input in een buis die 35W mag dissiperen. Zou je dit kaliber overbelasting bij een transistor flikken, dan zat er meteen een rond gaatje in je

Links: niet zo scherp, maar de intentie is dat wel: strapjes om dioden kort te sluiten.

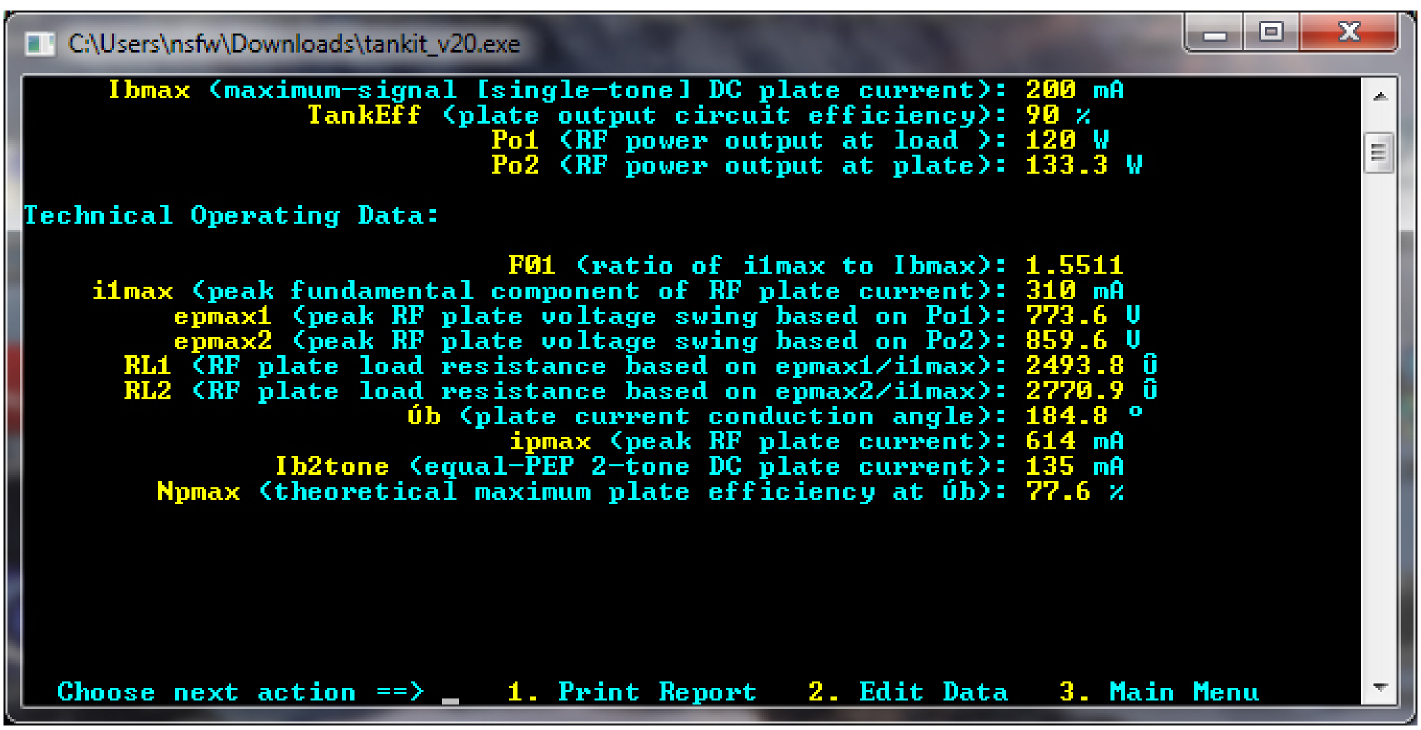
Onder: een eenvoudiger uitvoering van de zender

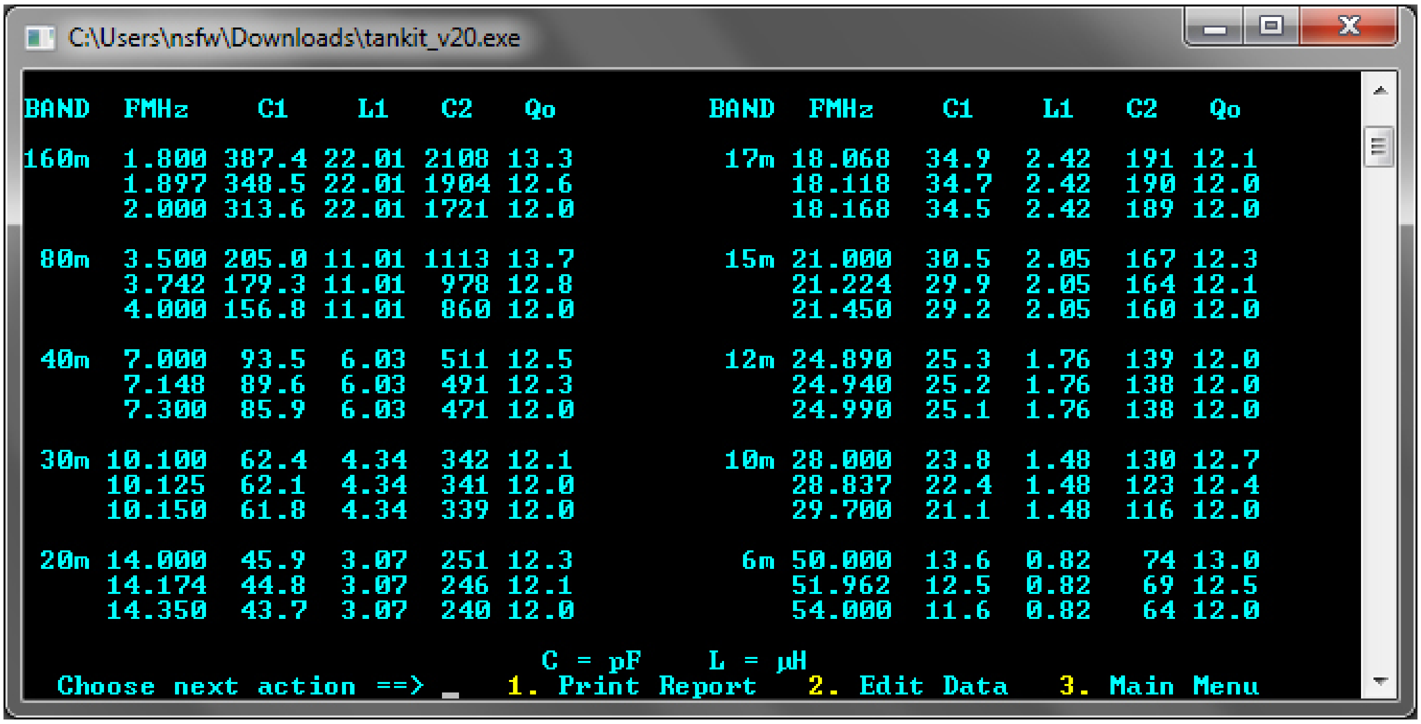


plafond. De buis vindt het ook niet leuk, en laat dat merken door met tinkelend glas rood tot wit op te lichten. Dat moet je echt niet te lang volhouden. En daar komt het voordeel van de lagere spanning om de hoek kijken: op 650V loopt er veel minder stroom, en daarmee kan je eerst grof tunen. Zit je in de buurt, dan schakel je over naar 1300V en kan je nog even na-tunen. Gert heeft het probleem dat hij een trafo had die meteen 1kV leverde. Daar heeft hij wat windingen afgehaald zodat er 1300V overbleef na gelijkrichting, en van het afgewikkelde draad legde hij zoveel windingen terug dat hij 40V voor de gloeidraad kreeg. Maar terugschakelen is er voor hem dus niet bij. Vermogen aan de ingang reduceren is dan de enige oplossing. Maar: de efficiency bij lage vermogens is beroerd.

En er waren meer problemen. Op 80m wilde hij helemaal niet tunen, en het rendement was gewoon niet best. Tot ik een keer probeerde om 40m af te stemmen met de schakelaar in de 80m stand, en dat ging veel beter. Het leek erop dat de spoel tekort kwam. Diepgaande discussies op de repeater met Henny PA3HK en Gert PE0MGB leidde uiteindelijk tot consensus: de spoel klopt niet. Henny merkte daarbij op dat het Pi-filter ontwerp zowel in een eindtrap met 4 buizen als met 1 buis gebruikt wordt. En dat kan niet, want de impedanties zijn heel anders. Via vriend Google kwam ik op het programmaatje Tankit (zoek op tankit.zip) waarmee je het Pi-filter van een eindtrap kunt berekenen. De resultaten waren niet verrassend.

Je moet een aantal parameters invullen. Ik begon met het berekenen van de Plate Circuit Operating Parameters. Eerst de No Signal Idling current. De ruststroom dus. Ik nam 25mA. Daarna de Maximum Signal DC Plate Current. Ofwel: de stroom bij maximaal vermogen. Ik vond 200mA genoeg: dat is 260W input. Vervolgens nam ik 120W uitgangsvermogen. 50% rendement vond ik niet teveel gevraagd. Daarbij wil het programma weten of het over het uitgangsvermogen aan de anode gaat, of over het uitgangsvermogen aan de belasting (antenne). Ik nam de belasting. Ik liet de output efficiency van 90% intact. Het resultaat zie je hieronder: de anodeweerstand is 2771 Ohm. Wat moet je daarmee? Terug naar het hoofd-menu en keuze 3 nemen: het berekenen van een Pi Tank Network. Neem keuze 1, het Pi netwerk, en het programma neemt zelf de anode impedantie over. Neem 50 Ohm voor de uitgangsweerstand, en ik nam 12 voor de belaste Q. Het resultaat is een tabel met waarden voor de twee C's en de L.



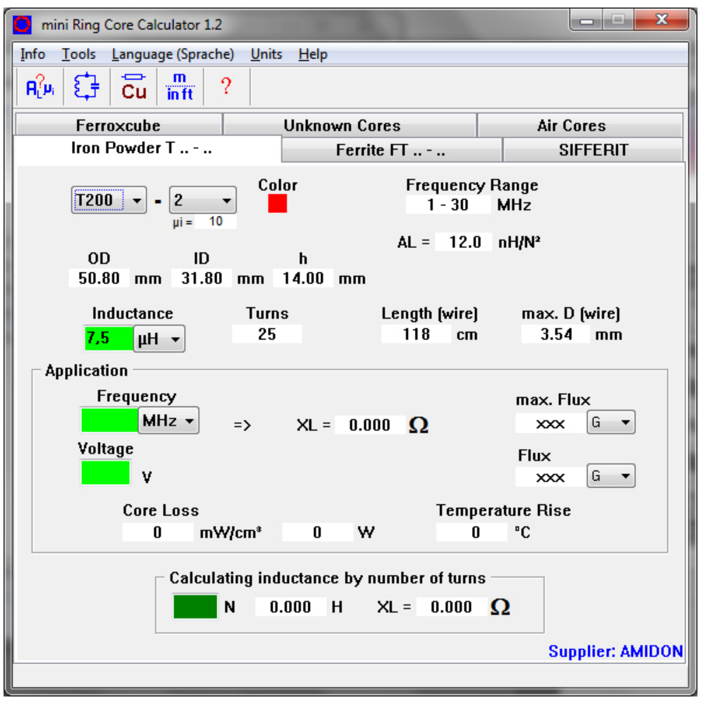


BAND	FMHz	C1	L1	C2	Qo	BAND	FMHz	C1	L1	C2	Qo
160m	1.800	387.4	22.01	2108	13.3	17m	18.068	34.9	2.42	191	12.1
	1.897	348.5	22.01	1904	12.6		18.118	34.7	2.42	190	12.0
	2.000	313.6	22.01	1721	12.0		18.168	34.5	2.42	189	12.0
80m	3.500	205.0	11.01	1113	13.7	15m	21.000	30.5	2.05	167	12.3
	3.742	179.3	11.01	978	12.8		21.224	29.9	2.05	164	12.1
	4.000	156.8	11.01	860	12.0		21.450	29.2	2.05	160	12.0
40m	7.000	93.5	6.03	511	12.5	12m	24.890	25.3	1.76	139	12.0
	7.148	89.6	6.03	491	12.3		24.940	25.2	1.76	138	12.0
	7.300	85.9	6.03	471	12.0		24.990	25.1	1.76	138	12.0
30m	10.100	62.4	4.34	342	12.1	10m	28.000	23.8	1.48	130	12.7
	10.125	62.1	4.34	341	12.0		28.837	22.4	1.48	123	12.4
	10.150	61.8	4.34	339	12.0		29.700	21.1	1.48	116	12.0
20m	14.000	45.9	3.07	251	12.3	6m	50.000	13.6	0.82	74	13.0
	14.174	44.8	3.07	246	12.1		51.962	12.5	0.82	69	12.5
	14.350	43.7	3.07	240	12.0		54.000	11.6	0.82	64	12.0

C = pF L = µH

Choose next action ==> _ 1. Print Report 2. Edit Data 3. Main Menu

Zoals je ziet moet de spoel voor 80m 11uH zijn. Maar wat is hij eigenlijk? We pakken de overbekende Ring Core Calculator erbij en eens zien wat de 25 windingen uit Frits' ontwerp opleveren aan zelfinductie.



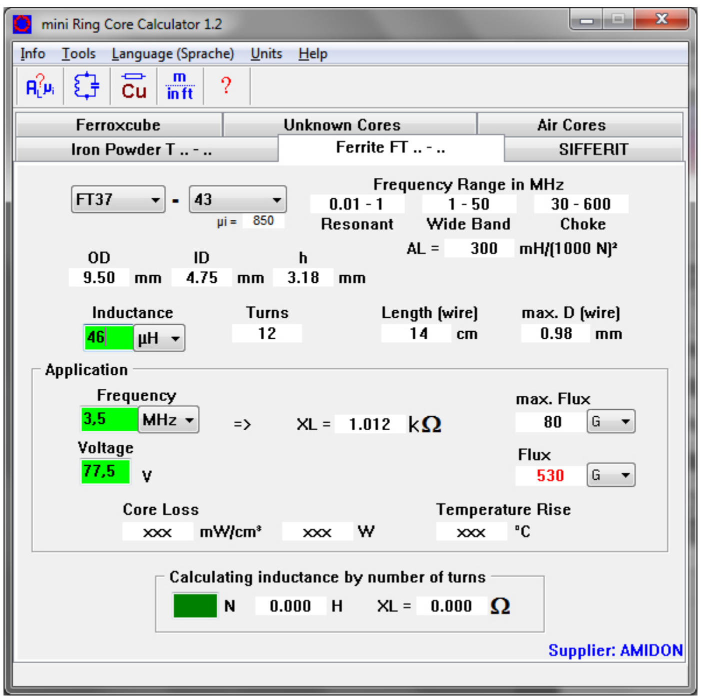
7,5uH. Dat komt meer in de buurt van de 6uH die voor 40m gespecificeerd is. Geen wonder dat 40m goed afstemde in de 80m stand. Ik had inmiddels op de gok 10 windingen bijgelegd, en daarmee is 80m uitstekend af te stemmen. Maar de load was niet te maximaliseren. En ook dat blijkt uit de tabel van Tankit: bij 80m moet de Load-C aan de onderkant van de band 1113pF zijn, en dat is meer dan de 2x490pF omroep-C kan maken. En daar kwam het beloofde voordeel van het tweede schakeldek van de bandschakelaar: ik zet in de 80m stand een extra C van 680pF (had ik nog liggen in 500V uitvoering) over de Load-C en nu kan ik ook 80m prima tunen. Wat is nu het aantal windingen van de T200? 20m is afgetakt op 8 windingen, 30m op 12w, 40m op 25w en 80m heeft dus 35 windingen (40m is feitelijk de oude 80m aftakking; voor 80m zijn er 10 bijgelegd).

Een ander ding wat ik veranderde was die rare constructie met de dubbele Tune-C waarvan een sectie aan de 20m stand ligt. Ik heb een Tune-C van 2x250pF, en Gert gebruikte het ontwerp met een vaste C van 100p over de 20m aansluiting. Uiteindelijk maakte ik die tweede sectie aan de 20m kant los, en dat scheelde een heleboel in efficiency. Ook bij Gert maakte het verwijderen van die 100p condensator een hoop uit. Leuk verzonnen dus, maar praktisch werkt het niet lekker. Mijn 250pF condensator is volgens de tabel genoeg voor alle banden, en in de praktijk is dat ook zo. Niks geen tweede secties of extra condensatoren. Gewoon een Pi-filter met twee condensatoren. En dat gaat prima.

Eind goed al goed? Bijna. Er was een kleinigheidje waar zowel Gert als ik last van hadden. Dat lullige spoeltje van 47uH wat over de uitgang zit om je te beschermen tegen hoogspanning. Ik nam een FT37-43 kerntje met 12 windingen erop. Dat levert 46uH op en meer dan 1k reactantie op 3.5MHz. Mooi toch? Bij Gert brandde de isolatie van het koperdraad en bij mij liep op 80m na 10 seconden tunen het uitgangsvermogen plotseling terug. Wat was hier aan de hand? Allereerst het vermogen. Mij 150W is de spanning ca. 86V effectief. Bij 7MHz is de reactantie 2k en het gedissipeerde vermogen in de spoel is dan:

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{86}{2000} = 3.75W$$

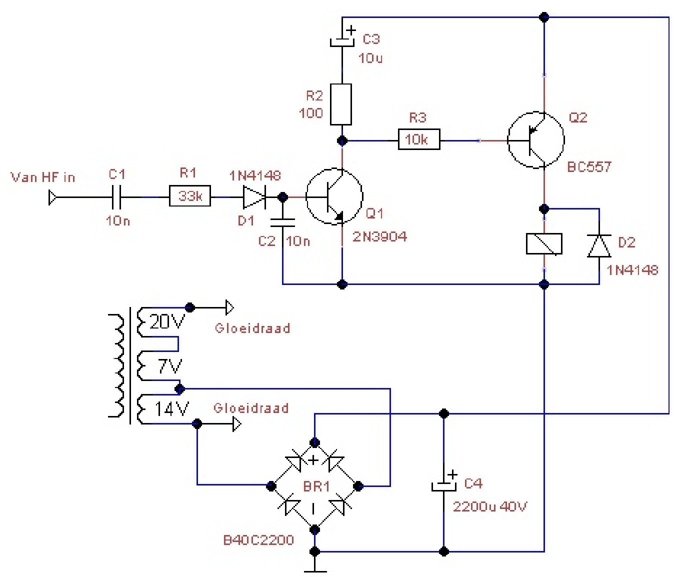
Bijna 4W in een spoeltje! Op 80m zelfs 7,5W! En dat is nog niet eens het ergste. Kijk eens wat er met de flux gebeurt (het magnetisch veld in de kern):



Een flux van 530 waar 80 het maximum is, en dat is berekend bij 77,5V wat overeenkomt met een vermogen van 120W. Bij hogere vermogens (en ik krijg er 180W uit) is dat nog erger. Nog een geluk dat die kern niet uit elkaar gespat is! Uiteindelijk nam ik 2 volgewikkelde FT37-43 kernen in serie, en die zitten ruim onder het maximum met een zelfinductie van ca. 500uH. En nu werkt het zonder problemen.

Gert's buis had het uitendelijk toch te zwaar gehad, en hij kreeg op een slecht moment een flash-over terwijl de eindtrap niet eens op vol vermogen draaide. Met een forse klap sloeg de hoogspanning door de buis en vernietigde gloeidraad, zekering, serieweerstand en darlington. Na enige tijd werd de buis wit, als teken dat er zuurstof in gekomen is. Waarschijnlijk is een lek in het glas ontstaan nadat de buis (veel) te heet is geworden.

Rest me nog de HF-Vox te beschrijven die voor het omschakelen van zenden naar ontvangen zorgt. Ik heb uit de erfenis van een amateur een ladenkastje verkregen waarvan een lade vol zit met relais van onbekende herkomst; allemaal dubbelpolig om. Bij 12V trokken die relais aan, maar niet al te enthousiast. Dus besloot ik om de 14V wikkeling van de gloeispanningstransformator gelijk te richten voor de Vox. Stabiliseren niet nodig, en het levert me een volt of 18 op waarbij de relais uitstekend aantrekken. Voor de vertraging gebruikte ik een elco van 10uF:



Bij het verschijnen van HF aan de ingang laadt Q1 via R2 zeer snel C3. Bij het afvallen ontlaadt C3 via R2 en R3 en de basis van Q2 waardoor het relais een paar honderd milliseconden blijft hangen. Aanpassen van de hang-tijd kan door R3 aan te passen. Ik gebruikte twee relais: één aan de ingang die meteen de kathode aan aarde legt, en één aan de uitgang. Relais genoeg...

Tot slot...

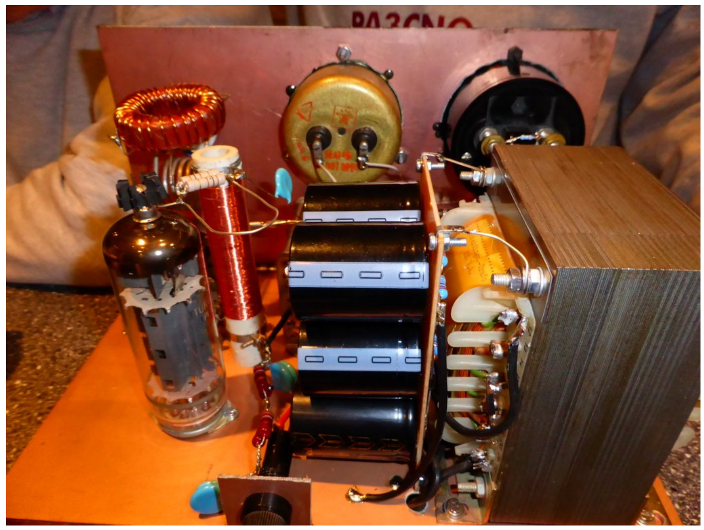
Het is weer een hele klus geweest. En niet de eerste keer dat een ontwerp dat eenvoudig na te bouwen lijkt - en waarvan gesuggereerd wordt dat dat ook door velen gedaan is - toch nog wel wat verrassingen in petto heeft. Het leuke van dat soort problemen is dat er gezamenlijk door een groep van amateurs over nagedacht en mee geëxperimenteerd wordt, wat bijdraagt aan de ervaring op een breed gebied. Zelfs zoiets triviaals als een 47uH spoeltje blijkt ineens een probleem op te leveren. Geen woord daarover op Frits' site. Zijn wij nou de enigen die daar tegenaan gelopen zijn? Het eindresultaat is een eindtrap waarmee ik t/m 20m tegen de 200W kan maken met 7W in. Dat loopt wat terug bij 10m. Ik deed de volgende metingen (5W in):

	Output W	Stroom mA	Opgenomen W	Rendement %
80m	125	210	231	54
40m	140	250	275	51
30m	160	230	253	63
20m	115	220	242	48
17m	100	240	264	38
15m	95	240	264	36
12m	80	220	242	33
10m	60	240	264	23

Nou bleek ook dat bij 10m mijn FT857 minder vermogen geeft, dus helemaal eerlijk is dit niet. Gert keek hoeveel vermogen er ingestuurd moet worden om er (bij hem) 100W uit te krijgen, wat een eerlijker beeld van de versterking geeft.

	Output W	Stroom mA	Opgenomen W	Rendement %	
40 M	110	170	187	59	8 watt
20M	100	210	231	43	10 watt
15M	100	220	242	41	10 watt
10M	100	240	264	38	12 watt

De waarden zijn bij hem wat ongunstiger dan bij mij, maar het is niet helemaal duidelijk waar dat aan ligt. Het kan een verschil in eigenschappen van de buis zijn. Gert experimenteerde nog wat met de step-up transformator om de kijken of de efficiency nog wat omhoog kan. Het optimum van de spanningsvermenigvuldiging zit ergens tussen de factor 2 en 3. Een bijkomend voordeel is dat het vermogen dan ook wat afneemt wat het tunen bij wat hogere ingangsvermogens mogelijk maakt. Gert wil uiteindelijk een schakelaar met een extra 100k weerstand in serie met het schermrooster opnemen. Een andere optie is om de 100k weerstand naar aarde als potmeter uit te voeren. Uit de metingen moge duidelijk zijn dat deze eindtrap niet geschikt is voor modes die een constante carrier gebruiken, zoals AM, FM en digitale modes. De buis zou het niet overleven. CW en SSB gaan prima; ik haal met de K1 op 5W zo tussen de 120 en 150W uit en daar ben ik best tevreden mee. Zo kan ik mijn QRP setjes een beetje body geven...



Achterzijde van de eindtrap



De eindtrap gereed voor gebruik. Rechtsboven de bandschakelaar, met daaronder de Load-C. De Tune-C zit onder de Voltmeter.



Afdelingsnieuws

Als jullie dit lezen zitten we midden in de laatste voorbereidingen voor onze expeditie naar Liechtenstein. Van 5 tot 12 april zijn Mans PA2HGJ, Hugo PA2HW, Robert PA2RDK, Frank PA3CNO, Paul PA3DFR, Henny PA3HK, Gert PE0MGB en Piet PE1FLO weer QRV vanuit Steg in Liechtenstein; dezelfde locatie als vorig jaar. Dat heeft het voordeel dat we voor weinig verrassingen komen te staan, omdat we nu precies weten wat we mee moeten nemen. Zaterdagmorgen 5 april reizen we af richting Liechtenstein waarbij Hugo weer de ATAS op de auto zal hebben zodat we onderweg op HF QRV kunnen zijn. Meteen bij aankomst zullen we de antennes opstellen zodat we dezelfde avond nog in de lucht kunnen zijn.



Gedurende de week zullen we regelmatig QRV zijn; via onze Facebook pagina en de website laten we wel weten op welke frequenties. Het is te hopen dat de open internetverbinding die vorig jaar aanwezig was, ook dit jaar nog aanwezig is; dat maakt het plaatsen van foto's en filmpjes makkelijker dan via de (backup) internet dongel die we dan met zijn achten moeten delen... Zaterdag 12 april komen we weer terug. We proberen tevens weer te regelen dat de koppeling tussen PI3RAZ en HB9BB geactiveerd wordt, zodat we rechtstreeks verbinding kunnen houden met Zoetermeer. HB9BB heeft Echolink, dus als je ons wilt bereiken kan je ons proberen aan te roepen via die repeater. Die hebben we over het algemeen wel bijstaan, omdat we die zelf ook gebruiken voor onderling contact als we (gesplitst) op weg gaan.

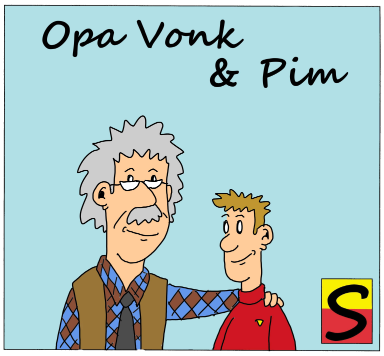
Natuurlijk zijn we niet constant in de lucht; er gaat weer van alles aan hobbymateriaal mee om de tijd mee te verdrijven als er niet gezonden wordt, waaronder een aantal vliegende voorwerpen waarmee we hopelijk wat fraaie luchtopnamen kunnen maken. Dus let op de site!

Afdelingsbijeenkomsten

Aangezien het grootste deel van de club op 9 april op expeditie is, inclusief onze voorzitter annex sleutelhouder, is er op

9 april geen bijeenkomst!

Dus let op dat je niet voor niets voor de deur staat! De vierde woensdag, 23 april, staat de deur weer open en kan iedereen vanaf 20.00 terecht in ons clubhuis van de Minigolf Zoetermeer in het Vernède sportpark. Dan zijn we er met foto's, sterke verhalen en ongetwijfeld een samenvatting van onze ervaringen. We hebben nog even overwogen om de clubavond een week naar voren of naar achteren te schuiven, maar dat zou vermoedelijk alleen maar bijgedragen hebben aan verwarring over de bijeenkomsten... Dus: de tweede woensdag van de maand zijn we er dit keer niet! Schrijf het in de agenda, plak het op de koelkast en zegt het voort.



Opa Vonk liep met een bezorgd gezicht zijn werkhok binnen, waar de rook een beetje aan het optrekken was en een wit weggetrokken Pim aan Opa's werkbank zat. Deze keer was het niet Opa die de rook veroorzaakt had. "Wat ben jij nou aan het doen?" informeerde Opa bij Pim. "Ik was met een versterker bezig voor mijn disco, met van die 3055 transistoren, maar ik heb kennelijk iets fout gedaan en toen ging de transformator roken", stamelde Pim. "Ging de zekering er niet uit dan?", vroeg Opa verbaasd. "Ik heb er geen zekering ingebouwd", antwoordde Pim. "U vertrouwt ook altijd op de zekering in de meterkast, toch?" verdedigde Pim zich. Nu was het Opa's beurt om zich wat ongemakkelijk te voelen en hij verschoot van kleur. Nou, ja, nee, niet altijd, ik bedoel: ik gebruik meestal wel zekeringen, zeker als er vermogens in het spel zijn, want dan is de kans op brand het grootst". "Ik heb het wel geprobeerd", zei Pim, "maar die zekering ging al stuk als ik de versterker aan zette. En het ging in het begin best goed. Maar ik maakte per ongeluk sluiting met de luidsprekeraansluiting en toen gingen vermoedelijk de transistoren stuk. En toen begon het te roken", besloot Pim. "Wat voor zekering heb je dan gebruikt?", vroeg Opa. "Deze", antwoordde Pim, en wees op een doosje waar een aantal zwartgeblakerde glazen buisjes in zat. "Ja, nogal wiedes", zei Opa. "Die zijn 250mA Snel, en dus veel te licht voor deze toepassing". "Snel waren ze zeker", grinnikte Pim. "Snel kapot bedoel ik. Maar wat had ik er dan in moeten stoppen? Een zekering is toch een zekering?". "Natuurlijk niet", zei Opa. "Net zoals de ene scooter de andere niet is. Elke toepassing heeft zijn eigen soort zekering. Daarom moet je eerst bepalen wat de beste waarde zou kunnen zijn. Ik zal je een beetje op weg helpen. Waar gebruik je een zekering voor? Een zekering wordt in een schakeling opgenomen om grote stromen onder foutcondities te voorkomen. Een foutconditie hoeft niet altijd een pure kortsluiting te zijn; het kan ook een overbelasting zijn.

In de zekering zit een draadje. Bij overbelasting smelt het draadje en dat onderbreekt de stroom waardoor schade door grote stromen aan de rest van de schakeling voorkomen wordt.

Je lost je problemen niet op door een zekering met een hogere stroomsterkte te plaatsen als er wat mis is. Bijvoorbeeld een 3A zekering vervangen door een 10A zekering mag er dan wel voor zorgen dat de zekering niet meer stuk gaat, maar die zekering ging niet voor niets stuk. Je kunt er dan op wachten tot er wat anders stuk gaat, om nog maar te zwijgen over de veiligheid in dat geval. Was de 3A zekering de juiste waarde voor het desbetreffende apparaat, dan is er dus kennelijk een probleem waardoor er teveel stroom ging lopen en waardoor de zekering sneuvelde. De zekering vervangen door een met een hoger amperage (of omwikkelen met aluminiumfolie dan wel vervangen door een spijker o.i.d.) kan dan zorgen voor een dusdanig grote stroom dat er ergens vonkvorming ontstaat, of smeltende onderdelen of bedrading wat in het ergste geval een brand kan veroorzaken. Niet doen dus!

In huis vond je vroeger in de meterkast van die porceleinen miniatuur 'flesjes' met een gekleurd dopje aan de achterkant. Een groen dopje was 6A, rood was 10A en grijs 16A. Groen vind je bijna nergens meer, maar rood en grijs komen nog voor. In dat porceleinen flesje zit zand, wat ervoor zorgt dat bij een kortsluiting de vlam binnen de zekering geblust wordt. Maar in moderne huizen zit een zekeringsautomaat die uitslaat bij overbelasting of sluiting, en die met een hefboompje weer ingeschakeld kan worden. Mits het probleem opgelost is natuurlijk.



In apparaten worden andere zekeringen toegepast; meestal de zogenaamde Glaszekeringen. Die zijn er in twee voorkomende maten: 30x6mm - meestal in Amerikaanse apparaten - en

20x5mm - en die vind je meestal in Europese apparatuur. Ze kunnen in houders aan de buitenzijde van het apparaat gemonteerd zijn, maar ook in printhouders aan de binnenkant van een apparaat. En of twee maten nog niet genoeg is, zijn de zekeringen ook nog eens verkrijgbaar in verschillende snelheden:



FF = Fast Fast. Reageert supersnel. (Ook bekend als Anti Surge)

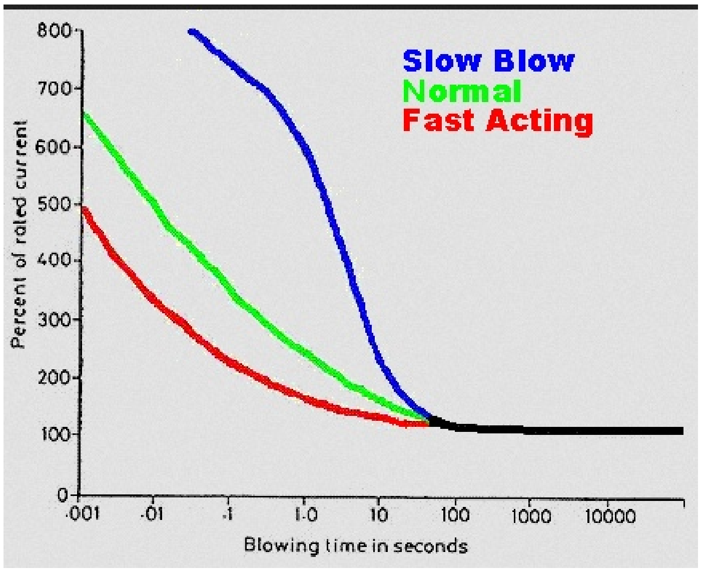
F = Fast. Reageert snel. (Eveneens Anti Surge)
(Brandt door binnen 20 ms bij tien keer de gespecificeerde waarde)

M = Medium. 'Normaal' of Korte Vertraging.
(Brandt door tussen 50 en 90 ms bij tien keer de gespecificeerde waarde)

T = Time. Vertraagd; Slow Blow.
(Brandt door tussen 100 en 300 ms bij tien keer de gespecificeerde waarde)

TT = Time Time. Grote vertraging; Very Slow Blow.

De F, M en T zie je het vaakst. Een snelle zekering gebruik je op plaatsen waar geen pieken in de stroom ontstaan bij het inschakelen, zoals bij resistieve belastingen. Zodra je te maken krijgt met inschakelpieken, zoals bij transformatoren of elco's die eerst geladen moeten worden, zie je over het algemeen trage zekeringen. De waarde staat dan aangegeven als T500mA, wat 500mA Traag betekent. Een snelle zekering is bijvoorbeeld F250mA, wat 250mA Fast betekent. Maar je kunt ook iets aantreffen als T2AL250V. Dat betekent 2A Traag, en de L staat voor Low Breaking Capacity en is een glazen buisje. Staat er een H dan is het een High Breaking Capacity zekering en die hebben een keramische behuizing. Staat er niets voor de waarde, dan is het een Normale zekering en de fabrikant was te lui om het erop te zetten...



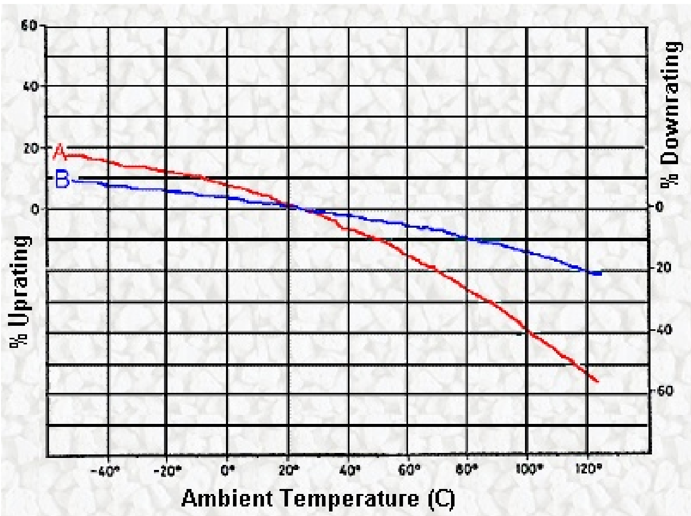
Trage zekeringen zijn er in diverse uitvoeringen. Er zijn er met een soort veer in het buisje, en die kunnen piekstromen tot tien keer de gespecificeerde stroom verdragen gedurende 75 milliseconden. Andere types hebben een soort soldeerklodder in het midden van het draadje, en dat type kan wat slechter tegen piekstromen; over het algemeen tien keer de gespecificeerde stroom gedurende slechts 25 milliseconden. Trage zekeringen hebben een zeer lage weerstand en kunnen in afgesloten compartimenten gebruikt worden aangezien er weinig warmte ontwikkeld wordt in de zekering.

Een snelle zekering is ontworpen om te reageren op kortstondige overbelastingen. Ze zijn zeer robuust gemaakt en kunnen goed tegen schokken en trillingen. Maar ze hebben meestal een hogere weerstand en de spanningsval die dat veroorzaakt kan in sommige toepassingen een probleem zijn. Die hogere weerstand betekent dat er meer warmte wordt geproduceerd en dat moet wel weg kunnen.

Normale zekeringen vallen tussen de twee eerder genoemde typen. Ze kunnen tegen een beperkte overbelasting gedurende een korte tijd; langer dan de F zekeringen maar niet bij benadering zo lang als een T zekering.

Laten we elk type eens nader bekijken. De doorbrandtijd in seconden als functie van het overbelastingspercentage voor de drie types zie

je in de grafiek op de vorige bladzijde. Je ziet dat er tot 100 procent overbelasting weinig verschil is tussen de drie types. Maar kijk je bij een overbelasting van bijvoorbeeld 500 procent dan zie je dat de snelle zekering sneuvelt in 0.001 seconden (1 milliseconde), de trage in 2 seconden en de normale zekering in ongeveer 0.01 seconde. Een behoorlijk verschil tussen de drie types! In feite zijn de verhoudingen ten opzichte van een normale zekering een factor 0.1 voor de snelle zekering en een factor 200 langer voor het trage type. Een groot verschil, en meer dan genoeg om het lot van een dure halfgeleider te bezegelen als er wat mis gaat.



Kijken we naar bovenstaande grafiek dan wordt duidelijk wat het effect van de omgevingstemperatuur is op de gespecificeerde stroom. Als de omgevingstemperatuur lager wordt, dan wordt de stroom die nodig is om de zekering door te laten branden hoger, en dat kan een behoorlijk verschil opleveren bij inschakelstromen. In feite zie je dat de lijnen van de slow blow (B) en normale (A) zekeringen elkaar kruisen bij lagere temperaturen. Dat zou kunnen betekenen dat je de waarde van de zekering moet heroverwegen in geval van hoge of lage(re) temperaturen. En hoewel de grafieken van toepassing zijn op de nominale belasting, heeft de temperatuur ook invloed op het gedrag bij overbelasting. Moet je een zekering kiezen voor toepassing onder extreme temperatuurcondities dan is het belangrijk om een reeks testen met verschillende foutsimulaties uit te voeren om de resultaten in de praktijk te checken. Voor ons thuishobbyisten is dat nauwelijks van toepassing omdat onze apparaten in de meeste gevallen rond de 20ºC gebruikt worden, met uitschieters naar 0ºC (een koude zolder op een dag waarop het flink vriest), dus kan je de "normale" aanduidingen van de fabrikant aanhouden. Maar als je een doorgewinterde SOTA operator bent bijvoorbeeld, dan is het goed om te weten dat de aanduiding op de zekering in dat geval afwijkt van de praktijk bij extreme temperaturen.

Hoewel de meeste bouwers zich voornamelijk bezig zullen houden met de twee belangrijkste karakteristieken van de zekering, zijnde de maximale nominale belasting en de specificatie van slow-blow types, is ook de doorbrandkarakteristiek belangijk en daarom wil ik je die niet onthouden. Een zekering met een zogenaamde high rupturing capacity (h.r.c.) is in staat stromen van duizenden ampères te onderbreken. Dit soort zekeringen hebben een keramische behuizing en bevatten een stof die een vonkbrug na het doorslaan voorkomt. Niet-h.r.c. zekeringen (over het algemeen gebruikt in zelfbouw apparaten en apparaten met laag vermogen) bevatten geen vonkblusmiddel en zijn slechts geschikt voor stromen tot een maximum van zo'n 50 ampère. Bij hogere stromen is het zeer waarschijnlijk dat de zekering gewoon explodeert (in het Engels: rupture) als hij eruit gaat.

Hoewel de werkspanning geen invloed heeft op de aangegeven stroom, is deze wel belangrijk. Als een zekering eruit gaat, ontstaat er een vonkboog tussen de uiteinden en als de spanning tussen de uiteinden maar hoog genoeg is, blijft de vonkboog staan en wordt de stroom niet onderbroken. Dat kan aanzienlijke schade aan het apparaat aanrichten, waarbij de zekering zelfs smelt en/of brand ontstaat. Vonken komen vaak voor in hoogspanningscircuits of bij inductieve belastingen, en daarbij mag de opgegeven maximale spanning van de zekering niet overschreden worden.

Zekeringen mogen toegepast worden bij alle

spanningen tot aan hun gespecificeerde maximale spanning, maar wisselstroomzekeringen bieden niet dezelfde bescherming tegen vonken bij gelijkspanning als speciale gelijkspanningszekeringen. Dat komt omdat een wisselspanning elke periode twee keer door nul gaat waarbij de vonkboog dooft, en dat gebeurt bij gelijkspanning uiteraard niet.

Het onderbreken van pure gelijkstroom (waarbij de stroom dus niet door nul gaat) is moeilijker dan het onderbreken van wisselstroom. Het veilig onderbreken van gelijkstroom kan dan ook alleen maar gebeuren bij zekeringen die daarvoor ontworpen zijn. Wil je een wisselstroomzekering (AC) gebruiken in een gelijkstroom (DC) schakeling, neem dan een AC zekering met een spanningsspecificatie van minstens twee keer de toegepaste DC spanning.

Als het vermogen waarbij de zekering gebruikt wordt beperkt is, dan kan je een zekering bij een hógere spanning gebruiken dan waarvoor hij gespecificeerd is. Dat zie je wel vaker in consumentenapparatuur en is redelijk veilig. Bij twijfel: hou je aan de opgave van de fabrikant! Om die reden is in de PL519 eindtrap dan ook een 6x30mm zekering in de hoogspanningsleiding toegepast, zodat daar nog enige bescherming tegen vonkvorming is als gevolg van de langere zekering. Besef je nu hoe belangrijk een zekering is?" besloot Opa zijn betoog. "Ik heb er weer een hoop van geleerd", knikte Pim, "en ik beloof dat ik voortaan zekeringen toe zal passen als ik wat bouw". "Mooi", zei Opa. "Dan heb ik mijn verhaal tenminste niet voor niets verteld. En als dank mag je een mok koffie voor me halen", besloot Opa terwijl hij zijn lege mok in Pim's handen duwde. Pim pakte de mok aan en vertrok richting Opa's keuken, vast van plan om meteen wat te snoepen te regelen voor zichzelf.

Nostalgiehoek



Van der Heem Den Haag



De fabriek van Van der Heem in 1939, toen nog helemaal alleen aan de Maanweg in de Binckhorst.

Voor niet-Hagenezen of amateurs die niet in de (telecommunicatie)techniek werkzaam zijn (geweest) zegt Van der Heem misschien niet zoveel, maar toch is het een stuk historie die bij velen gevoelens van weemoed oproept. Voor Uw scribent alleen al omdat het gebouw aan de Maanweg ontworpen is door de architecten Oosthoek en van den Erve. Mijn opa was als architect in dienst van Oosthoek en heeft als zodanig zijn bijdrage aan het ontwerp geleverd. Zelf heb ik er mijn eerste kenningsmakingsstage gehad in de hoogste klas van de lagere school en heb ik leren solderen bij van der Heem. Over nostalgie gesproken. Het bedrijf was van 1926 t/m 1966 als zelfstandig bedrijf in Den Haag gevestigd. In de loop van 1966 werd een groot deel van het bedrijf, inmiddels INDOHEEM geheten na een fusie met Indola,

door Philips overgenomen. Tevens had men vestigingen in Utrecht en Sneek. Ook de ENAF (Solex) behoorde tot het Van der Heem concern.

Bij de leek was dit bedrijf, ondanks dat het in de zestiger jaren aan ca. 3000 mensen werk verschafte, weinig bekend. Daarentegen waren hun producten die voornamelijk onder de merknaam ERRES werden verkocht des te bekender. ERRES was de merknaam van de handelsmaatschappij R.S. Stokvis en Zonen te Rotterdam. De meeste bekende ERRES producten, door Van der Heem geproduceerd, zijn radio's, TV's en stofzuigers. Toch heeft Van der Heem veel meer vervaardigd dan alleen deze 3 producten. Te noemen valt bij voorbeeld; elektrische dekens, vloerwrijvers, ventilatoren, ventilatorkacheltjes, strijkijzers, platenspelers en bandrecorders.

Van der Heem heeft in de (bijna) 40 jaar van haar zelfstandige bestaan meer dan 400 verschillende radiotoestellen op de markt gebracht in samenwerking met de handelsmaatschappij R.S. Stokvis & Zn. te Rotterdam. Aangezien er in 1927 een goede samenwerking ontstond tussen beide firma's en Stokvis reeds toestellen van andere fabrikanten onder hun eigen merknaam ERRES verkocht, is ook de overgrote meerderheid van de door Van der Heem geproduceerde radio's onder deze merknaam op de markt gebracht.

Het allereerste begin, in 1926, van toen nog de firma Van der Heem & Bloemsma, was de H&B III, spoedig gevolgd door H&B IV en H&B V.

Ook heeft Van der Heem in de periode van 1938 t/m 1953 Aetherkruiser toestellen gefabriceerd voor de firma ANRU. Dit waren in wezen dezelfde toestellen die voor Stokvis werden vervaardigd maar met een ander uiterlijk. In totaal zijn er ca. 30 verschillende modellen radio's geleverd aan ANRU.

ANRU staat voor Algemene Nederlandse Radio Unie en is opgericht door de heer J.F.M.A. van Dijk. Het bedrijf was eerst gevestigd in de Van Limburg Stirumstraat 20 in Amersfoort. Na de tweede wereldoorlog was het gevestigd op de Keizersgracht 450 te Amsterdam. Omstreeks 1957 is de firma verhuisd naar Wijnhaven 42 te Rotterdam.

Onderstaande foto's komen uit een fotoboekje met Engelstalige tekst, dat door Van der Heem omstreeks 1959 is uitgegeven voor reclame doeleinden.

Het geeft een goed overzicht van de verschillende afdelingen die er op de hoofdvestiging in Den Haag aanwezig waren. Een deel van de foto's is vermoedelijk uit de periode 1951 - 1958.



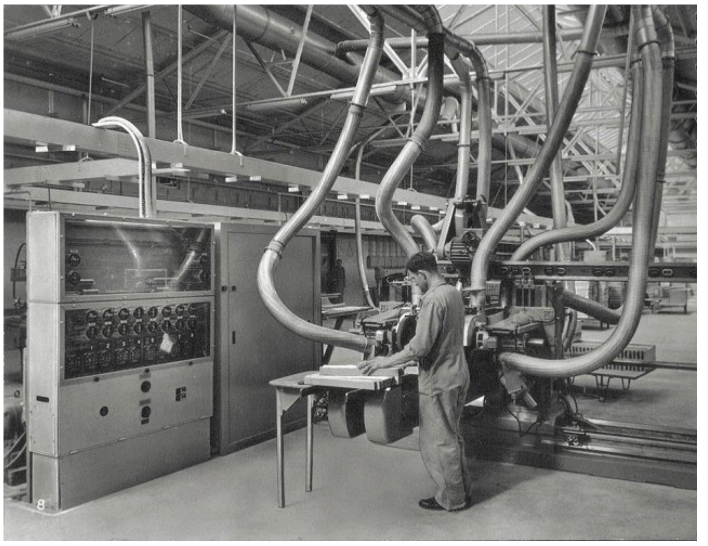
Hoofdkantoor Den Haag



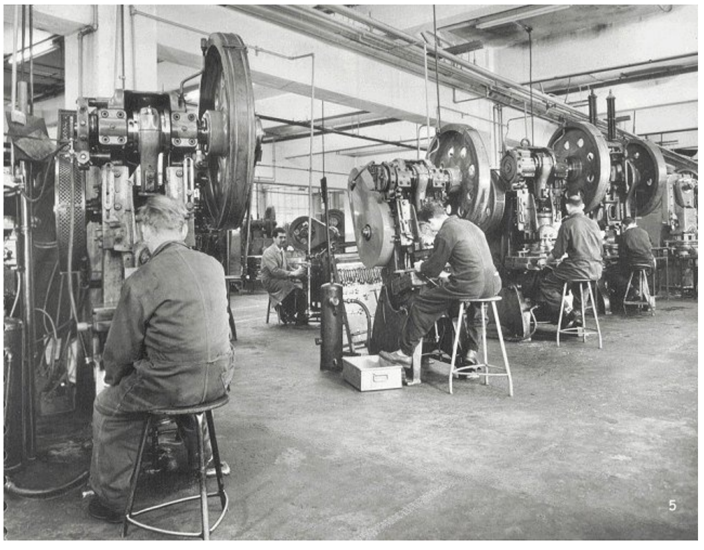
Leveringsprogramma 1958 - 1959



Draaierij



Kastenfabriek



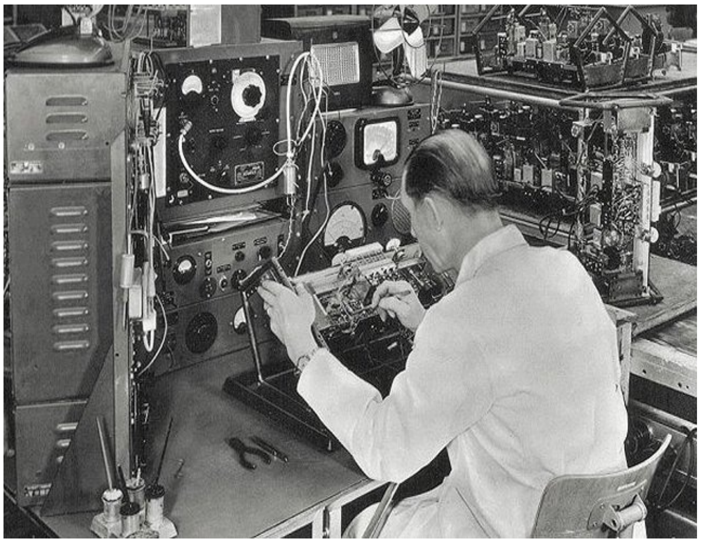
Plaatwerkerij - stamperij



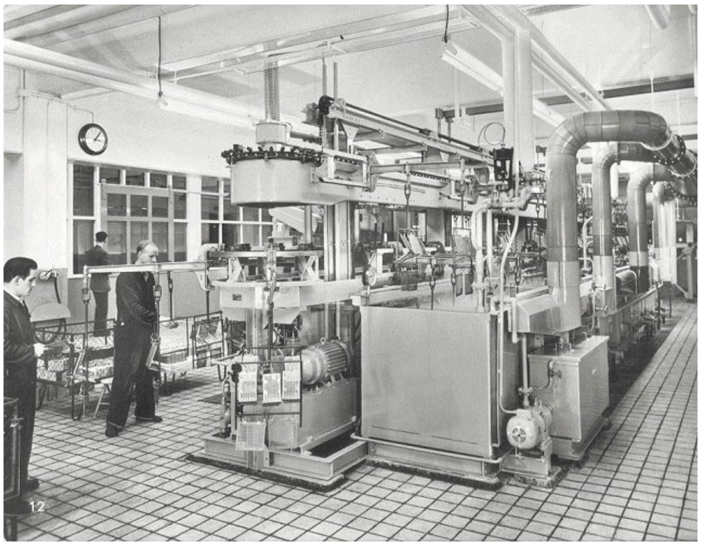
Radiomontage



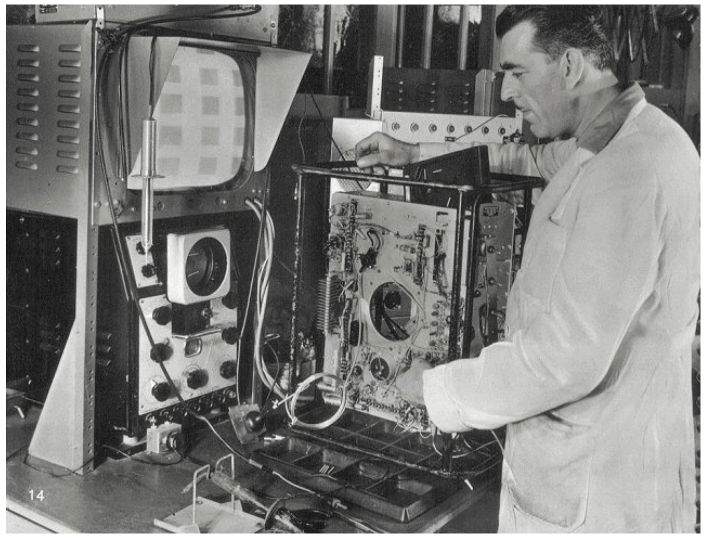
Gereedschapmakerij en bedrijfsschool



Radio eindcontrole



Galvanische afdeling



TV eindcontrole



TV montage

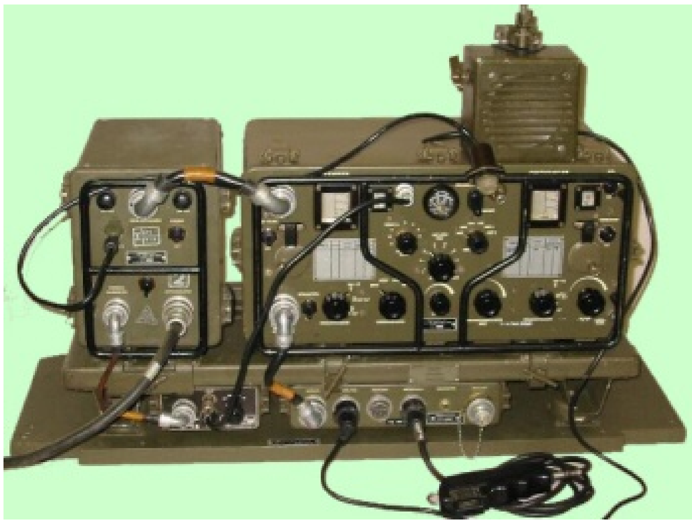


Deel van het Maanweg complex

Naast de bekende radio's, TV's en diverse huishoudelijke apparaten, die werden gefabriceerd voor de Fa. R.S. Stokvis & Zonen en onder de naam ERRES op de markt werden gebracht, fabriceerde Van der Heem ook communicatie apparatuur en andere professionele elektronica. Al in 1932 is door Van der Heem & Bloemsma een 'Automatisch Oproep systeem voor de Radio' ontworpen, voor gebruik bij de Rivierpolitie te Rotterdam. Op dat systeem is toen octrooi aangevraagd. Waarschijnlijk is de bovenvermelde apparatuur een eerste stap geweest om buiten de bekende radiotoestellen zich ook te gaan toeleggen op Telecommunicatie apparatuur. Na de 2e wereldoorlog is dit verder uitgebouwd, o.a. met in 1951 de bouw van een speciaal Telecommunicatie gebouw, met eigen laboratorium, intern Telco genaamd. In 1962 is er een 2e Telco gebouw bijgekomen. Allen gesitueerd op het bekende Maanweg complex in Den Haag.

Een bekend apparaat is o.a. de rond 1955 door Van der Heem ontworpen RT-3030/ GRC-3030. Zie de foto op de volgende bladzijde. Deze radioset is van 1958 tot 1970 bij de Koninklijke Landmacht in gebruik geweest. Dit was de vervanger van de WS 19. De set werkt van 2-12 MHz in AM en telegrafie. RF vermogen: 10-12,5 Watt.

De voeding is 24 V DC. Het gewicht bedraagt 21,5 kg en de afmetingen zijn 245 (hoog) x 475 (breed) x 295 mm (diep)



GRC-3030. Let op de uiterlijke overeenkomsten met de hier rechts getoonde HTC 2305 marifoon.

Begin zestiger jaren maakte Van der Heem ook de ARC-552 zend-ontvanger voor de Starfighter.

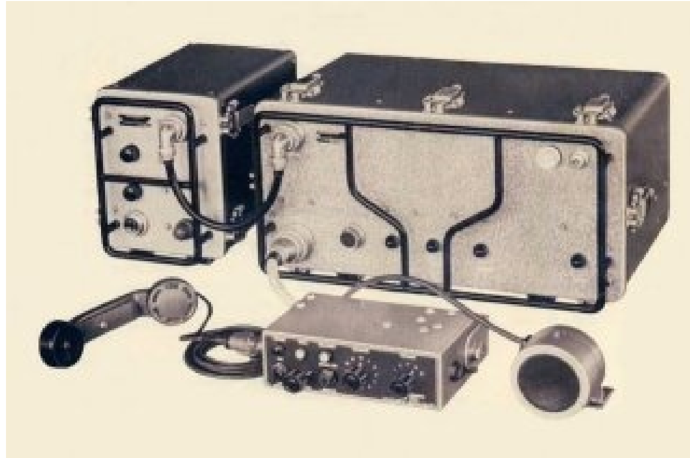


AN/ARC-552 zend-ontvanger

In de zestiger jaren werd Enkel Zijband (EZB) apparatuur een van de specialiteiten van Van der Heem. Men ontwikkelde in opdracht van de Koninklijke Marine de zendontvanger HZO-01. Het zendvermogen van de HZO-01 bedroeg 100 Watt en hij kon werken in de gehele kortegolfband, dus tussen 1,5 en 30 MHz.

Er hoorde ook nog een antenne-aanpassingseenheid bij. Behalve voor EZB-telefonie was het toestel eveneens geschikt voor AM-telefonie, morsetelegrafie en telex.

Ook zeer bekend van Van der Heem zijn de Marifoons, zoals b.v. de HTC 2305.



HTC 2305 marifoon

De zendontvangers HTC 2305 A en B waren mobiele waterdichte apparaten in zeer robuuste uitvoering respectievelijk met maximaal 33 en 12 kristalgestuurde kanalen, werkende met FM in de frequentieband van 156 – 174 Mhz, geschikt voor gemengd simplex en semi-duplex verkeer.

Door de gescheiden voeding (HTC 2401 of HTC 2402) waren deze zendontvangers zonder omschakeling zowel voor gelijkspanning (12/24 Volt) als voor wisselspanning geschikt.

In 1966 heeft Van der Heem ook portable marifoons of te wel Portofoons, gefabriceerd voor de gemeente Rotterdam, voor gebruik door het loodswezen op de Nieuwe Waterweg.



Uit de folder: "Dat de naam portofoon wordt gebruikt, is niet verwonderlijk als men weet dat de door de gemeenteraad van Rotterdam bij ons bestelde marifoons dienen ter vervanging van de vroeger door ons aan Rotterdam geleverde portofoons. Uiterlijk lijken de apparaten wat op elkaar, maar hierbij houdt de vergelijking dan ook grotendeels op. Om een voorbeeld te

noemen: de oude portofoon weegt meer dan 10 kg en de nieuwe maar 3 kg." Máár 3 kg. Dan is er toch wel wat veranderd...

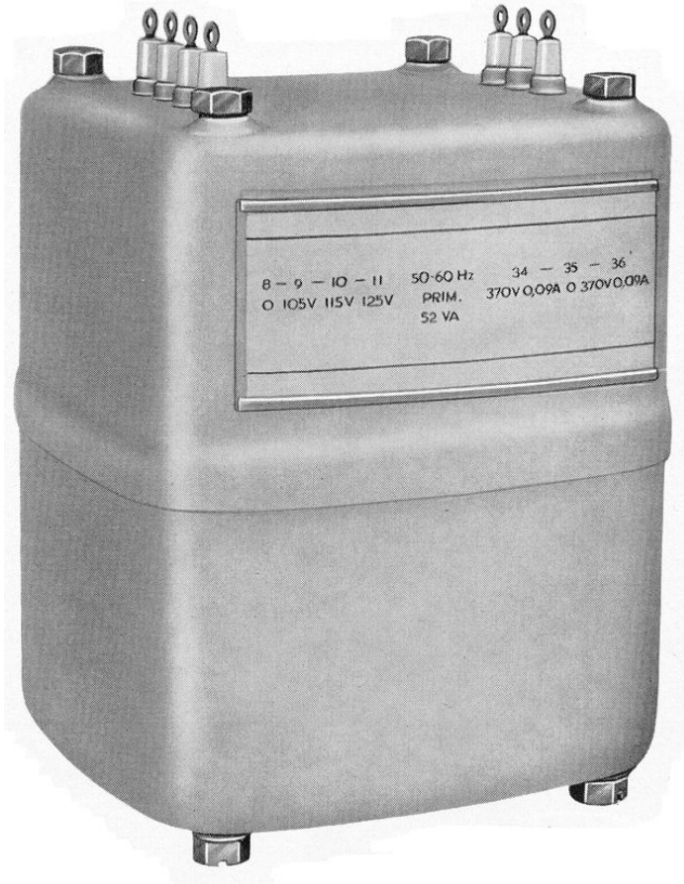
De marifoon, type HTC 3307, werd ontwikkeld volgens door de PTT opgestelde specificaties. De gemeente had zich voor de keuze van de fabrikant laten adviseren door het Nederlands Radar Proefstation te Noordwijk.

Maar Van der Heem maakte nog veel meer. Naast onderwater detectieapparatuur en gestabiliseerde voedingen maakte het bedrijf ook meet- en testapparatuur. Deze meet- en testapparatuur was oorspronkelijk voornamelijk voor eigen gebruik op de diverse ontwikkel- en produktie-afdelingen. Van der Heem had hiervoor eigen kasten ontwikkeld die in een 19" rek of frame geplaatst konden worden. Ook hadden zij een uniek doorkoppelsysteem voor de 220 V netaansluiting, zodat er maar één netsnoer van een rek af kwam. Enkele van deze apparaten, zoals b.v. de hoog- en laag-spanningsvoedingen werden ook veel aan scholen en de Koninklijke Marine geleverd.

In 1958 kwam Van der Heem ook op de markt met een elektronische teller met transistoren (OC44). Deze was uitgevoerd in een meer transportabele behuizing met handgreep bovenop.

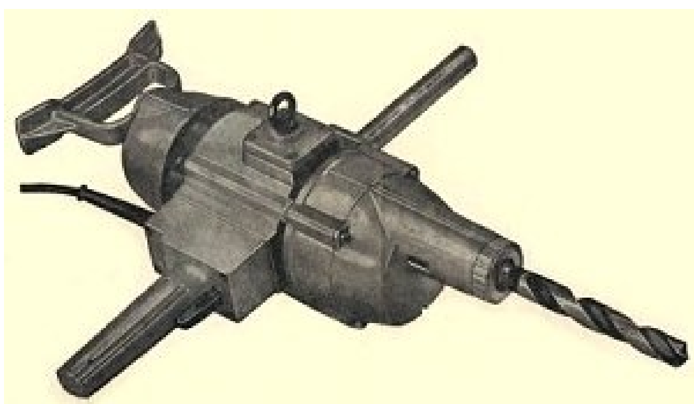


Tevens maakte Van der Heem ook zeer professionele Elektro Motoren, Transformatoren en Elektrische Hand Boormachines. De C-core transformatoren waren veelal voorzien van een hermetisch gesloten metalen omhulling, welke was gevuld met olie voor een betere koeling en isolatie. De aansluitingen werden naar buiten gevoerd d.m.v. keramische isolatoren. Zoals aan



de primaire spanning van bovenstaande trafo te zien is, werden deze trafo's ook gefabriceerd voor buitenlandse afnemers.

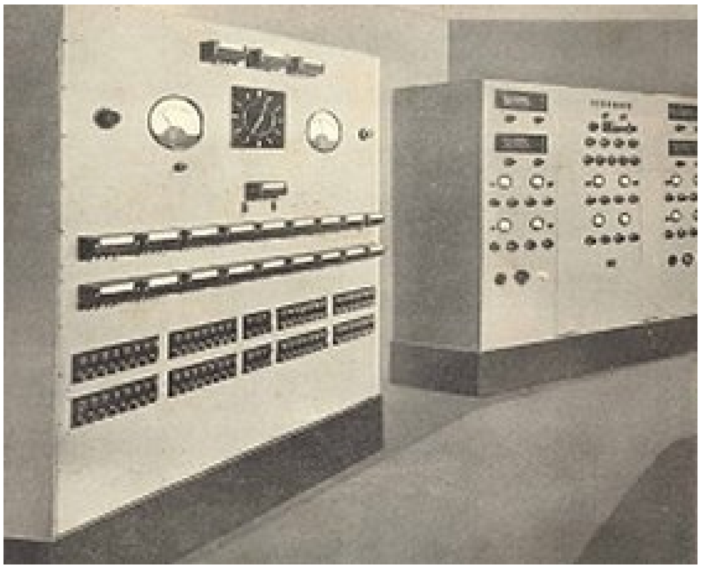
Van der Heem begon in 1941 met de ontwikkeling van een reeks elektrische boormachines, die na de tweede wereldoorlog in productie zouden komen.



De eerste typen zoals b.v. de HBM 131 hadden een geheel metalen behuizing. Latere typen (eind vijftiger jaren) kregen een behuizing die grotendeels uit slagvast polystyrol bestond. Een uitzondering hierop was de zware industrie

machine HBM 231; deze had een metalen behuizing met kunststof binnenmantel. Dit was ook een van de weinige machines van VDH in die tijd, met 2 toerentallen.

Tevens heeft Van der Heem vóór de tweede wereldoorlog, grotendeels nog onder de naam Van der Heem & Bloemsma, versterkers voor radio distributie gemaakt.



Aanvankelijk eind twintiger jaren alleen universele versterkers, later ook versterkers en ontvangers bedoeld voor inbouw in reksystemen tot complete installaties, zoals op de foto hierboven is te zien. De ouderen onder ons (50+) zullen zich ongetwijfeld nog wel de 'Draadomroep' herinneren. Als het niet in het ouderlijk huis was, dan misschien wel bij buren, of op school t.b.v. de 'Schoolradio'.

Wat slechts weinigen zullen weten, is dat radiodistributie in Nederland in 1924 is begonnen in de Zaanstreek. Het was de 17-jarige HBS-scholier Adrianus (Janus) Leendert Bauling uit Koog aan de Zaan die van uit zijn 'radiolaboratorium' hiermee begon. De heer Bauling was nog…. H.B.S.-er. Hij kwam op het lumineuze idee om 2 vliegen in één klap te slaan: de hinderlijk wordende belangstelling voor de radio het huis uit te krijgen en zijn experimenteer-enthousiasme in hogere mate te bevredigen. Hij stelde zijn buren voor om à raison van f 0,50 per week de door zijn toestel opgevangen uitzendingen te beluisteren. De buren waren met dit voorstel zeer ingenomen en de eerste radio-centrale was geboren!

Het net bestond uit 1 draad vanaf het toestel naar de naastbijgelegen woningen. De andere pool van het contact werd met een 2e draad verbonden naar aarde, d.w.z. de waterleiding of men spijkerde een koperdraadje langs het huis naar de grond en stopte dat een paar decimeter in de tuin. Dat zal niet laagohmig geweest zijn, want dan was er van het signaal niet veel overgebleven...

De geschiedenis van VAN DER HEEM N.V. is er een duidelijk voorbeeld van dat de werkelijkheid vaak frappanter dingen te zien geeft dan de boeiendste roman. Eerst in 1926 gegrondvest – en toen werk verschaffende aan drie firmanten en één employé – vormde deze vennootschap te midden van de Haagse industrie ooit het grootste particuliere bedrijf.

Uit het viermansbedrijfje van weleer is aldus een geheel gegroeid waarvan de betekenis voor de werkgelegenheid in Den Haag (en ver daarbuiten!) nauwelijks te becijferen valt. Want niet alleen immers verschaften deze fabrieken, kantoren, laboratoria e.d. rechtstreeks werk aan een toendertijd voortdurend stijgend aantal mannen en vrouwen, maar daarenboven deden zij dat indirect nog eens aan talloze leveranciers van een veelheid van grondstoffen, halffabrikaten, kantoorbenodigdheden en wat al niet.

VAN HOBBY TOT GROOTSTE FABRIEKS-BEDRIJF IN DEN HAAG

Ziedaar de kort samengevatte geschiedenis van Van der Heem N.V., een bedrijf dat nauw verweven is met de ooit florerende Haagse economie. Van der Heem N.V. had met nagenoeg tweeduizend werknemers (de "volledige" dochtermaatschappij, de Eerste Nederlandse Autorijwielfabriek N.V. - ENAF – meegerekend) niet minder dan 8½ % van alle in de Haagse industrie werkzame personen in dienst.

Een frequentiestandaard voor de gelijkstroombanden

Wim Kruyf, PA0WV

Inleiding

In CQ-QSO van de UBA is in 2012 nr 9,10 en 11,12 een secundaire frequentiestandaard beschreven zoals ik die heb gerealiseerd voor de standaardfrequentie die DCF77 uitzendt op 77,5 kHz

Het is echter ook mogelijk, en zelfs eenvoudiger, om van GPS, u weet wel de navigatiesatellieten, gebruik te maken om een standaard te maken. Dit artikel gaat over de realisatie van een dergelijke standaard. Ik wijd uit op sommige plekken in details, want hoewel dit een nabouwartikel is wil ik het voornamelijk stimuleren zelf iets te ondernemen met onderdelen die in de eigen junkbox voorhanden liggen, dan wel in de handel vlot verkrijgbaar zijn. Dat kan, als je weet hoe een en ander werkt en ontworpen wordt, dus daar wordt aandacht aan besteed.

Baco Army Goods in IJmuiden verkocht TCXO's voor 10 MHz van Klove voor een paar euro, dat gaf het duwtje in de rug om een paar standaarden te maken. Uiteraard zoveel mogelijk met spullen uit de junkbox en de grijpvoorraad, waar heb je die immers anders voor. Het resultaat kan ook gebruikt worden om nog veel betere oscillatoren zoals kwaliteitskristallen in een oventje, nauwkeurig op frequentie te brengen en te houden.

Voordeel van deze standaard ten opzichte van fs30-DCF is ook dat je OCXO's met willekeurige frequentie, op hun juiste frequentie kunt houden en dat dat bovendien sneller gaat, zodat de eisen aan de eigen stabiliteit van de oscillator navenant lager zijn.

Ontwerp

Een TCXO is een temperatuur gecompenseerde kristaloscillator. De temperatuur mag dus verlopen. Door ingebouwde NTC's en een varicap wordt de resonantiefrequentie een stuk minder van de omgevingstemperatuur afhankelijk dan bij een losse kristaloscillator. Op een inputpen kun je een gelijkspanning aanbieden; die bepaalt de resonantiefrequentie, die je met die spanning wat kunt vertrekken. Mocht je geen TCXO uit de dump kunnen aanschaffen, dan kun je altijd via de website van Farnell of Digikey een TXCO of beter nog een OCXO (oven controlled xtal oscillator) voor 10 MHz aanschaffen. Nieuw kosten die respectievelijk 70 en 170 euro ex BTW, verzending en invoerrechten. Dan heb je een Zwitsers fabrikaat van 0,2 ppm. Dus weet waar je op moet letten en sla je slag als de gelegenheid zich voordoet iets uit de sloop aan te schaffen.

Het ontwerp hier beschreven is voor kwaliteitsoscillatoren geschikt, enkele jumpers bepalen de gevraagde kwaliteit, zodat je indien gewenst ook met een wat minder goed kristal het beste eruit kunt halen dat haalbaar is.

In Elektuur, tegenwoordig omgedoopt tot Elektor, heeft in nr 5 van jaar 2005 een toepassing van een GPS navigatie ontvanger gestaan. Daar heb ik destijds aan meegedaan door een kitje te kopen, het was nog voor de Tomtom voor de gewone man gemeengoed was, en dus een kans om kennis te maken met GPS navigatie voor 85 euro. Leuk, je had een actieve waterdichte kleefmagneetantenne, een printje met de GPS-ontvanger en een USB interface voor een notebook PC, en als je dan Microsoft Works startte op de notebook, zag je op de landkaart een cursor die aangaf waar je precies zat. Bedieningsgemak nihil, dus dat ding

belandde alras, na het een keer als navigerende bijrijder in de auto gebruikt te hebben, in de junk box. Elektor heeft die kitjes nog steeds uit voorraad te koop. Natuurlijk geen hond die daar meer aan begint. De ontvanger Trimble Lassen iQ 46240-20, SMD plugje, antennekabeltje, actieve antenne, batterijhouder, Li-Mn batterij CR2032 en stabilisator LM1117T, plus een 5 pens SIL connector worden ervan gebruikt voor dit project. Het kitje is onder nr. 13898 Omschrijving: "Onderdelenkit EPS 040264-71 GPS-receiver on USB" bij hen verkrijgbaar.

GPS en de tijd

GPS heeft 24 of meer satellieten in de 'lucht' op ruwweg 21000 km hoogte, niet geo-stationair dus. Er zijn 8 banen en elke baan bevat meerdere, doorgaans 4, satellieten. Door de gekozen hoogte draaien die precies twee keer per etmaal om de aarde. Door dit gehele veelvoud, zie je elke dag een satelliet dezelfde baan langs het zwerk beschrijven. Er zijn er altijd een handjevol van in zicht. Elk van die satellieten heeft een atoomklok aan boord. De plaats op aarde wordt bepaald door de looptijd van de signalen die je bereiken te bepalen. Om die looptijd te bepalen moet je precies de tijd weten dat de signalen in je ontvanger aankomen, en die tijd wordt in de ontvanger bepaald door ook een vierde of vijfde satelliet in de berekeningen te gebruiken. De plaatsbepaling is dan strijdig door redundante strijdige gegevens, maar als je de tijd in de ontvanger in de berekeningen als variabele opneemt dan kun je die uit de vergelijkingen oplossen, zo dat de gegevens niet meer strijdig met elkaar zijn, voor de juiste gevonden tijd. Aldus weet je de precieze tijd in elke GPS ontvanger met een kwaliteit die die van de atoomklokken benadert. Er is, omdat er regelmatig andere satellieten zichtbaar zijn, wel een wisseling van satellieten voor de berekening, en wat daarvan het effect is zal van de firmware in de ontvanger afhangen.

Bij een aantal fabrikaten en typen ontvangers (NIET alle dus) wordt een secondepuls van die nauwkeurige berekende klok naar buiten uitgevoerd. Dat blijkt bij de Trimble 46240-20 die Elektor in de kit levert, en die 12 satellieten gelijktijdig kan ontvangen, het geval te zijn, maar er is geen printspoortje voor op hun print aangebracht.

Gegevens van de secondepuls zijn: TTL niveau, ongeveer 4 us breed, de opflank bepaalt met een jitter van 50 ns de atoomtijdseconde. Die 50 ns is natuurlijk onbruikbaar want op 1 seconde is dat aan de voor- en achterkant van het tijdsinterval samen 100 ns en dat is 1 op 10^7 ofwel 1 Hz op 10 MHz. Daar hoef je nauwelijks een standaard voor te maken; af en toe zerobeaten tegen WWV of een ander ijkstation, en je hebt dat resultaat ook.

Echter, die jitter blijft 50 ns dus als je over 100 seconden je eigen oscillator meet, dan is de onzekerheid in de tijd nog steeds 100 ns, en zit je dus al 1 op 10^9. En over 1000 seconden, minder dan 20 minuten dus, op 1 op 10^{10}. Dat is dus wel goed bruikbaar. De meettijd is korter dan bij de ontvangst van DCF77 en de eisen aan de eigen stabiliteit van de oscillator zijn dus ook minder zwaar.

Voor het goede begrip: het moet duidelijk zijn dat je je eigen oscillator niet vast moet koppelen aan een ijkzender of aan een GPS signaal, omdat die dan vrolijk meejittert, maar je moet je eigen oscillator op de lange duur in de pas houden met dat jitterende signaal. Zoiets als een aangelijnde schijthond die dan weer voor en dan weer achter de eigenaar loopt maar er nooit verder vanaf kan zijn dan de lijnlengte toelaat, inmiddels alle gepasseerde bomen en andere verticale stationaire artefacten "verbeterend" met een reukspoor, een eigenschap die zendamateurs zullen herkennen.

Ontwerp

Je kunt allerlei klimbim omhooghalen, maar eenvoud is en blijft kenmerk van het ware. Daarvoor heb ik het volgende bedacht en in fig 1 toegelicht:

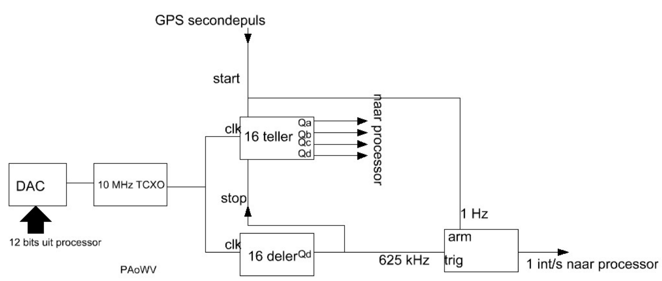


fig. 1 Principe van de fasedetector

De TCXO van 10 MHz wordt door een deler door 16 gedeeld, die deler blijft altijd doorlopen en levert dus een pulstrein met een frequentie van 625 kHz af. Tevens is de 10 MHz TCXO een klok voor een 16 teller. Die loopt echter niet altijd, maar die loopt maar even, een keer per seconde, en wel gestart door de opflank van de GPS secondepuls en gestopt door de eerstvolgende puls van 625 kHz uit de 16 deler. Als hij gestopt is, geeft hij een interrupt request af aan de controller, dat gebeurt dus een keer per seconde, en daar wordt de controller niet moe van. De controller pakt dan als reactie daarop, op 4 draadjes de stand van de 16 teller die gestopt is aan, en gaat daarmee aan de gang. Dat wil zeggen uitmiddelen en daaruit bepalen wat de op de controller aangesloten 12 bits DAC op zijn dak moet krijgen om de TCXO op de juiste frequentie te brengen en te houden. Om ongerief door storing van de secondepulsen te voorkomen wordt bij een interrupt tengevolge van een secondepuls, de interrupt in de afhandelingsroutine disabled en pas weer enabled als het hoofdprogramma de aangeboden tellerstand heeft aangepakt en gaat verwerken.

Is de 10 MHz precies 10 MHz en de GPS secondepuls jittervrij dan zal de stand van de 16-teller altijd hetzelfde zijn als hij steeds op 0 zou starten. Is de 10 MHz TCXO 1/100 Hz te hoog (1 op 10^9 dus) dan zal na 100 seconden de doorlopende 16-deler inmiddels een klokpuls teveel gekregen hebben, de output (stoppuls) is dan dus 1 klokpuls eerder, zodat de teller na de eerstvolgende startpuls één lager zal stoppen. Dat betekent dus dat de TCXO in 100 seconden 1 volledige sinus is doorgeschoven en dat wordt dus gedetecteerd.

Ambiguiteit treedt op als je na 1 seconde 16 klokpulsen van 10 MHz ernaast zit, dan staat je TCXO er dus 16 Hz naast, zoiets grofstoffelijks gebeurt niet in een standaard, dus dit is een bruikbaar concept. Verloopt de TCXO qua fase op den duur een veelvoud van dat bedrag maar niet meer dan 16*2 pi radialen per seconde, dan is dat na te lopen doordat de kennis van de driftrichting aanwezig is en het geaccumuleerde faseverloop wordt bijgehouden.

Uit metingen blijkt dat van tienduizenden waarnemingen afgerond van de volgende seconde de fase in 71% hetzelfde is en in bijna 14% een minder en bijna 14% een meer is. De rest zijn andere waarden die optreden kort na inschakelen en ook als er een vliegtuig overvliegt heb ik een keer toevallig gemerkt.

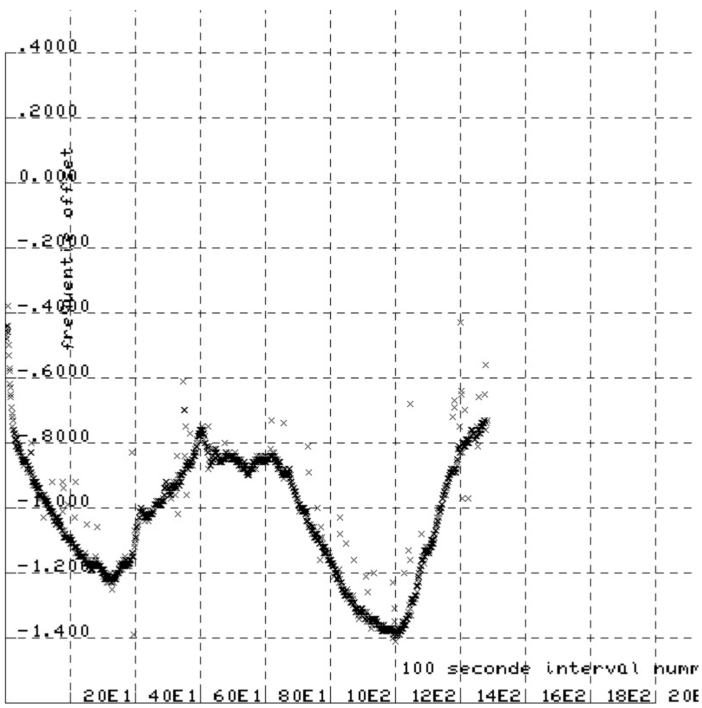
Een resetpuls op de 16-teller, zodat die steeds op 0 begint, is niet nodig, want de controller weet de startstand, omdat dat de stopstand van de vorige meting is en kan dus uit de nieuwe stopstand het verschil berekenen hoeveel de teller is doorgelopen. Vandaar dat er geen resetlijn te zien is in de tekening van fig. 1.

Je zou met nog minder dan het geringe aantal IC's, dat dit concept realiseert, kunnen volstaan als je de 16 teller een GPS seconde lang laat tellen, en vervolgens een seconde stilzet voor uitlezing. Nadeel is dat je het aantal metingen halveert, en tevens dat een uitlezing de dubbele jitter heeft omdat de start- en de stoppuls beide van de standaard-jitter voorzien zijn.

De controller zorgt voor het afhandelen van de interrupts door elke secondetik van de GPS ontvanger de tellerstand op te nemen, hij stuurt de DAC aan zodat de frequentie indien nodig bijgestuurd kan worden, en hij verzorgt RS232 output zodat je metingen naar een PC kunt sturen ter bestudering van de stabiliteit en het uitvoeren van andere experimenten. Bij het inschakelen wordt de tijdconstante van het PLL filter korter gehouden zodat de TCXO snel naar de gewenste eindwaarde toegaat, om vervolgens de tijdconstante van de middeling op te

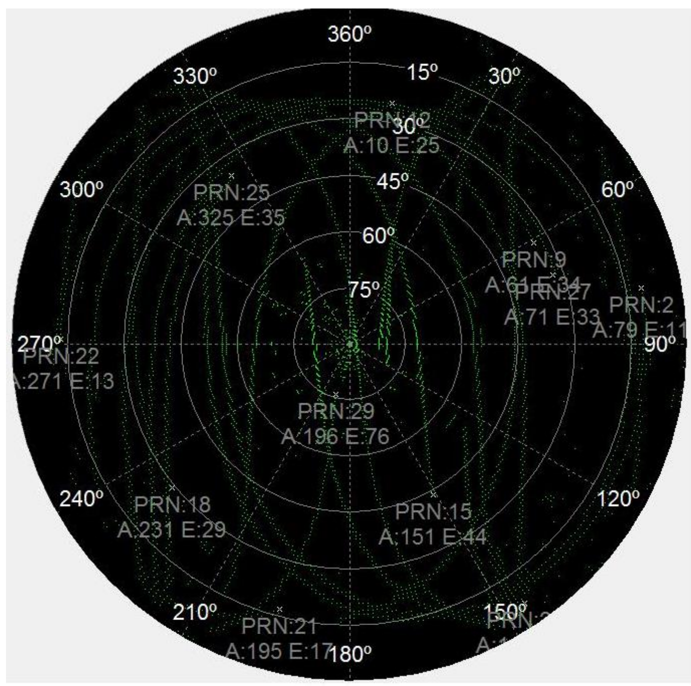
voeren tot de met de jumpers ingestelde waarde. Hier geldt ook dat hoe groter de tijdconstante hoe nauwkeuriger je kunt meten maar hoe minder vaak je kunt bijregelen, met het gevolg dat eisen aan de TCXO 's eigen stabiliteit groter worden. Uit de metingen kan dan blijken wat je behaalde stabiliteit is.

Er is een jumper op de schakeling, die indien geplaatst de TCXO loskoppelt van de regeling en de DAC halverwege zijn instelbereik plaatst, die is om de TCXO eenmalig af te regelen en daarmee kun je ook zien wat de TCXO aan variabele drift vertoont als die niet geregeld wordt. Die bepaalt mede de maximaal toelaatbare lengte van de meetperiode en dus de maximaal haalbare nauwkeurigheid van de standaard. De kwaliteit van de oscillator bepaalt dus de kwaliteit van de standaard. Een meting over 2 dagen van de GPS gegevens en de locale niet gekoppelde TCXO toont fig 2.



Tweede UART

Ook geeft de Trimble aan een software UART (er zit maar een in hardware gerealiseerde UART in de gebruikte Atmel controller AT89S8253) ingestelde GPS gegevens af, zoals de kloktijd en de satellieten die op dat moment gebruikt worden voor de metingen. Dat is automatische rapportage, zoals elke 5 seconden tijdgegevens. Voorts kunnen via die UART aanvullend commando's aan de Trimble worden gegeven, bijvoorbeeld elke seconde een opdracht om de tijd dus elke seconde te verstrekken. Het format van die commando- en rapportage pakketten kan in de downloadable specificatie van de Trimble ontvanger die ook beschikbaar is op een CDROM die in de Elektor kit is bijgesloten, worden gevonden. Ze worden gegeven met het proprietary protocol TSIP (Trimble Serial Interface Protocol). Voorts wordt die software UART ook gebruikt om eventueel de NMEA output van de Trimble aan te nemen, die allerlei satellietgegevens bevat voor verwerking en voor externe opslag en analyse indien gewenst. Uit die records blijkt bijvoorbeeld welke satellieten zichtbaar zijn, van die gegevens is een polaire plot gemaakt, zie foto 1.



De cirkels stellen de elevatie 0 (buitense cirkel) tot 90 graden, het Zenit, in het middelpunt voor. En draaien naar rechts vanuit noord is het azimut. Er is een programma te vinden op Internet dat deze NMEA gegevens verwerkt tot fraaie plaatjes op je PC.

www.visualgps.net

Bedienings-interface

Er wordt een 2 maal 16 karakter LCD display aangestuurd dat significante meetgegevens weergeeft. Het programma kan ook zo worden geassembleerd dat een 4 regels van elk 20 karakters display aangestuurd kan worden. Dan staan er meer gegevens op, die extra gegevens worden dan ook afgedrukt via de RS-232 port. Een paar LEDs worden voorts aangestuurd; een gele met secondepulsen, en twee rode voor waarschuwingen als de zaak door oudering van de kristaloscillator of iets dergelijks uit het regelbereik van de DAC dreigt te lopen, zodat her-calibratie gewenst is, een groene LED geeft aan dat de netspanning aanwezig is, zo niet dan draait de zaak op een 7 AA cel NiMH accupack, waar dan 100 mA uit getrokken wordt. Tijdelijke netspanningsuitval kan zo worden overbrugd. En tot slot wordt een analoge draaispoelmeter aangestuurd, die de fase van de eigen lokale frequentie ten opzichte van de GPS seconde pulsen in 16 discrete stappen aangeeft. Daarop kun je dus de gevolgen van jitter zien, en die meter wordt gebruikt bij het calibreren om de zwevingsfrequentie te kunnen zien tussen de TCXO en GPS. Een Hz verschil geeft een wijziging van een increment (zestiende van volle schaal) per seconde. Door plaatsing van de calibratiejumper, is er dus gelegenheid de 10 turn regelpotmeter van de TCXO stuurspanning in te stellen zodat nominaal de frequentie wordt bereikt in het midden van het regelbereik van de DAC. Waar de meter gemiddeld staat doet niet ter zake, mits zijn gemiddelde maar niet wijzigt. Lukt de calibratie niet perfect dan maakt dat niet uit, want de DAC regelt dat bij, alleen blijkt de DAC dan niet in het midden van zijn regelbereik te stabiliseren, maar elders.

Je kunt de meter ook gewoon weglaten, want op een positie van de LCD heb ik een fase-indicator geplaatst voor 16 stapjes. De hele zaak past dan eventueel in een kleiner vlot bij Conrad verkrijgbaar kastje, net als de eerder gepubliceerde fs30-DCF. Ingeval een 4 regelig display wordt geplaatst lukt dat niet meer, en was zelfs in mijn grotere kast ook een kleiner formaat metertje nodig.

De Software UART

De software UART, oftewel SUART werkt wat betreft ontvangen van de NMEA satellietberichten of het TSIP protocol op 2400 8N1 bps van de Trimble als volgt: De data uit de Trimble wordt aangeboden op de tweede externe interruptpen van de controller. Is er een downflank van een startbit van de asynchrone inkomende data, dan geeft dat een interrupt. De interruptroutine initialiseert dan de in de controller aanwezige teller_1 op de halve bitbreedte, start de teller, initialiseert een bitcounter op 9 en schakelt zichzelf tevens uit. Hij reageert dus niet meer op andere neerwaartse flanken in de ontvangen letter.

De teller die gestart is geeft na de ingestelde halve bittijd van de startbit van het NMEA signaal een timer overflowinterrupt. In de interruptafhandeling van de teller_1 overflow wordt die geinitialiseerd op de volle bitbreedte, de bitcounter wordt een verlaagd, het signaalniveau op de interruptpen wordt opgenomen en naar rechts in een verzamelbyte geschoven. Voorts wordt gekeken of de bitcounter 0 is geworden door het verlagen. Zo ja dan is het negende bit ontvangen (het startbit telde mee), waarmede het startbit overboord is geschoven, de teller schakelt zichzelf dan uit en enabled de externe interrupt weer, na pending external interrupt requests tengevolge van letterflanken te hebben gewist. Die ontvangst UART kost dus een teller en een externe interrupt pen plus de bijbehorende twee interrupt afhandelingsroutines. Hij werkt verder subliem. Commando's geven aan de Trimble kan ook, en dat gaat via een gewone outputpen. De Trimble kan namelijk behalve automatisch, ook gegevens afgeven op aanvraag, en dat is wel zo makkelijk. Het is wel zaak dat er geen parity bit als tiende bit wordt gebruikt, want dat kan weer een flankdetectie geven die de zaak weer opstart in de veronder-

stelling dat dat een startbit was.

Nu is het zo, dat de Trimble opdracht kan krijgen zijn baudsnelheid te wijzigen, doe je dat dan is er vanaf dat moment geen communicatie meer mogelijk, want de baudsnelheid van de controller-Trimble interface zit vastgebakken in het controllerprogramma als zijnde 2400 baud, omdat bij 9600 baud er tengevolge van actieve interrupts ongewenst veel jitter op de snelheid zit en ontvangstbuffer anders drie maal meer geheugenruimte kost. In feite wil je de Trimble direct via de RS232 interface met je computer direct kunnen bedienen voor eenmalige wijzigingen of testen, of ontvangst van NMEA output van de Trimble ter verwerking door het genoemde visualGPS programma.

Daar is als volgt voor gezorgd: Door het plaatsen van een jumper worden de interrupt enable vlaggen van de seriële RS232 en de software UART uitgeschakeld en er draait dan een superkort programma dat de RS232 inputpen neemt en dat niveau op de SUART outputpen zet en vervolgens het SUART inputpen niveau neemt en dat overzet op de RS232 outputpen van de controller. Dat is een korte lus, dat gebeurt 230000 keer per seconde. Elk bit van 2400 bps wordt dus wel 100 keer bemonsterd, wat een jitter van hooguit 1% geeft of slechts 4% bij 9600 baud. En zo kun je direct met de Trimble converseren met de op de bij de kit behorende CD of op internet te vinden programma's iQ_Chat en iQ_Monitor. Je kunt dan bijvoorbeeld ook de output van de Trimble op NMEA zetten, en het plotprogramma visualGPS op je PC gebruiken, om al dat fraais dat dat biedt eens te bekijken. Het is een betaald programma tegenwoordig, maar je mag het een tijdje gratis gebruiken. De makers zijn misschien ex-drugsdealers, of hebben hun verkoopmethodiek daarvan afgekeken, je weet het niet.

Dat onmiddellijke communiceren wordt gedaan middels het plaatsen van een jumper die poot P1.5 op pen 6 van de processor naar aarde kortsluit. Zo kan men met iQ_monitor op de op de RS232 aansluiting aangesloten PC kiezen of er altijd secondepulsen worden gegeven, danwel alleen als ze nauwkeurig zijn doordat de satellietsignalen verwerkt worden, wat uiteraard de bedoeling is. Ook kun je kiezen welke van de beschikbare records die de ontvanger automatisch kan afgeven, qua format worden afgegeven, en er kan worden gekozen voor andere protocollen dan TSIP.

De NMEA berichten

NMEA is een gestandaardiseerd protocol, voor diverse navigatie-apparatuur. Het wisselt gegevens uit in printable ASCII karaktercode. Elk record begint met $ en eindigt met * gevolgd door een 8 bits checksum die hexadecimaal wordt weergegeven plus carriagereturn linefeed. Alle velden van een record zijn gescheiden door komma's, de kommagescheiden velden kunnen leeg zijn.

De berichten die de Trimble ontvanger af kan geven hebben qua samenstelling een overlap. Geografische positie van onze apparatuur zijn we niet in geïnteresseerd, noch de snelheid van de ontvanger, want daar gaan we niet mee gooien. Waar we wel in geinteresseerd zijn: de satellietvolgnummers die ontvangen worden en gebruikt worden bij de berekening van de tijd, de weekdag en tijdgroep om als UTC op het schermpje te zetten en een kwaliteitsbeoordeling van de berekende data.

UTC

Je hebt de atoomtijd TAI, en UTC. De laatste werd vroeger GMT genoemd. De seconden van beide zijn even lang, maar de UTC heeft af en toe een correctie, omdat de aardbol niet regelmatig draait. Dat is niet te verwaarlozen. Plutarchus beschreef de zonsverduistering van 20 maart 71 met tijd en plaats en aan de hand van die beschrijving kunnen we terugrekenen dat de aardbol inmiddels meer dan 6 uur achterloopt, door het almaar trager draaien van de aarde om haar as. Dat komt mede omdat er steeds meer mensen zijn die rechtop lopen in plaats van als een slang ter aarde kruipen, en er

steeds meer hoogbouw is. Dat veroorzaakt een verhoging van het traagheidsmoment van moedertje aarde, die derhalve volgens de wet van behoud van energie trager draait. Elke danseres, getraind in pirouette kan u dat bevestigen en tevens demonstreren. Wanneer je je leven slijt op een draaikruk in een kantoor weet je dat allemaal wel uit eigen ervaring. Als je maar lang genoeg wacht duurt de dag een jaar, zoals bij de maan naar rato reeds het geval is. Die keert immers haar gezicht steeds naar de aarde toe zonder rotatie die anders is dan de omlooptijd om de aarde, anders zou je af en toe maans billen zien.

Die UTC wordt daarom regelmatig bijgesteld met een leap second, dat kan 4 keer per jaar gebeuren aan het einde van elk kwartaal. Sinds de invoering van UTC is er al ruim verschil met de gecoördineerde atoomtijd TAI, die zich daar niks van aantrekt. De GPS tijd is gelijk gezet aan de UTC in 1980 en die loopt inmiddels 16 seconden voor op de UTC. De tijd packets van de Trimble melden de GPS tijd en de correctie om de UTC daaruit te kunnen bepalen. Die staat nu, en dat is dec 2012, op 16 seconden. Het verloop tussen TAI en UTC is ongeveer 1 seconde per anderhalf jaar. Het verschil om uit de GPS tijd de UTC te berekenen wordt door de satelliet aangeleverd, dus daar zijn geen zorgen over.

De State Machine

Een voorbeeld van het ontwerp van een deel van de software is de State Machine. De Trimble ontvanger geeft naast de secondepulsen een serie byte georienteerde pakketten af, daarvan zijn er twee voor ons interessant namelijk pakket 0x41 dat de tijd geeft en pakket 0x6D dat onder andere de satellieten geeft die gebruikt worden voor de berekening van de secondepulsen. Ook betreffende de "health" van de ontvanger wordt een pakket 0x46 verstrekt. De overige pakketten die we niet kunnen tegenhouden en dus ongevraagd overlast gevend binnenkomen hebben als kenmerk 0x56, 0x82, 0x4A en 0x4B

De pakketten voldoen aan het zogenaamde byte stuffing protocol om ze transparant te maken. Transparant wil zeggen dat elk mogelijk byte in de data mag voorkomen, geen byte is dus gereserveerd als commando.

Dat gaat als volgt. Men begint met een DLE dat is in ASCII 0x10. Een DLE (Data Link Escape) geeft aan, dat het volgende byte een commando of een pakketaanduiding is. Voor ons zijn dan alleen pakketaanduidingen 0x41 (de tijd) en 0x6D (gebruikte satellieten) alsmede 0x46 (health) van interesse, want die worden op de display gezet. De rest kan de afvalbak in. Een pakket is afgelopen als na een DLE een ETX volgt, in ASCII 0x03. Omdat het packet transparant moet zijn en dus ook een DLE en een ETX moet kunnen bevatten als databyte,

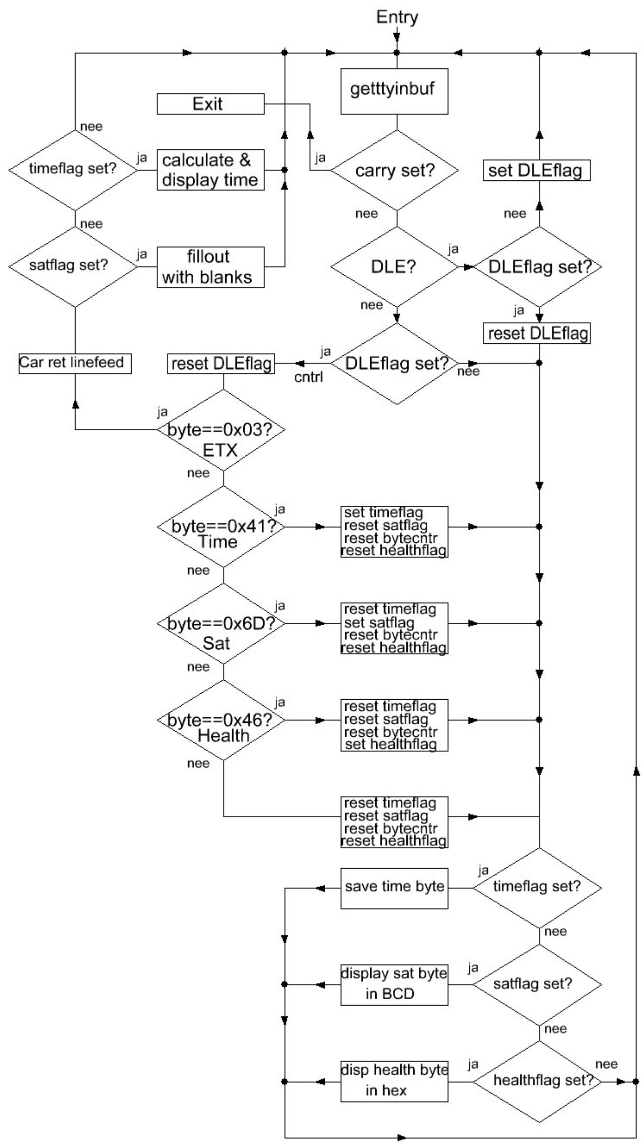


Fig. 3 State Machine

wordt bij het verzenden elk DLE databyte gedupliceerd en dubbel uitgezonden. Aan de ontvangstkant moet je dus van elke dubbele DLE er een weghalen en vaststellen dat een van de twee dus een databyte was. Dat hele zaakje is gerealiseerd in de state machine waarvan de flowchart in fig. 3 is getekend.

De trimbledata wordt in een circular buffer gestopt met 2400 bits per seconde 8N1, en die is voldoende lang om overflow tijdens andere werkzaamheden van de controller te voorkomen. Elke keer dat de state machine wordt aangeroepen leest die de buffer geheel leeg en verwerkt de data zover als mogelijk, een en ander uitgaande van de toestand waarin hij zich bevond na afloop van de vorige beurt. De routines timebyte en satbyte in de flowchart pikken aan de hand van een byte-teller precies de gewenste bytes uit het pakket. Die worden als het einde ETX van het pakket wordt gedetecteerd na conversie op de display gezet. Omdat de tijdberekening geheugenposities vergt die ook bij de filterberekeningen worden gebruikt, moet dat wel met verstand gebeuren. We willen de tijd iedere seconde bijhouden, de time packets komen automatisch maar een keer per 5 seconden, dat is te ondervangen door minimaal een keer per seconde een commando naar de Trimble te zenden met de opdracht om een time pack te sturen.

00		Normaal
01		GPS tijd niet beschikbaar
02		Reset Trimble nodig
03		onnauwkeurige meting
08		geen bruikbare satellieten
09		slechts 1 satelliet bruikbaar
0A		slechts 2 satellieten bruikbaar
0B		slechts 3 satellieten bruikbaar
0C		onbruikbare satelliet gekozen
	00	Normaal
	01	Batt backed up RAM niet QRV
	10	Open antenne
	30	kortgesloten antenne

fig.4 Betekenis health bytes

De health van de ontvanger heb ik ook gedecodeerd; die staat in de vorm van enkele bytes links op de derde regel van de display. De vertaling van die code staat in fig 4.

De state machine krijgt 7 verschillende typen pakketten te verwerken waarvan er dus 3 effectief gebruikt worden.

Tijdens het doorlopen van de filterprocedure kan de State Machine geen aandacht krijgen, de inputbuffer die de data van de Trimble opvangt zou dus kunnen overlopen. Het blijkt uit meting dat de filtercyclus minder dan 30 ms duurt. De Trimble levert bij 2400 baud maximaal in die tijd 7 karakters, zodat de buffergrootte minimaal dat bedrag moet zijn. Loopt die buffer over dan staat er een bericht in het tekstveld op de display. Dat blijkt inderdaad niet te gebeuren bij een ruimer bemeten buffer.

De control loop

Eisen aan een regelsysteem zijn dat er geen restfout in frequentie is. Een fout is nodig om de controlwerking te verkrijgen en dat eist dus een integrerende werking, voorts is een eis dat er geen of nauwelijks doorschot (overshoot) optreedt, dat de eindwaarde zo snel mogelijk wordt bereikt en dat de jitter op de GPS secondepulsen voldoende lang is uitgemiddeld zodat ze bij constant blijvend gemiddelde geen invloed hebben op de DAC die groter is dan de stabiliteit van de oscillator rechtvaardigt.

Phase locked loop

We maken een digitale phase locked loop, de fasedetector hebben we al beschreven, die integreert een frequentieverschil, dat dus altijd 0 zal worden. Vervolgens moeten we de jitter kwijt dus de output van de fasevergelijker kan niet direct naar de DAC gestuurd maar moet op lange termijn worden uitgemiddeld. De tijdcon-

stanten RC zijn zeer groot dus dat zou analoog lastig te realiseren zijn, waarom zouden we dat trouwens proberen, als het perfect reproduceerbaar, temperatuuronafhankelijk in een controller als een van de gewenste functies kan worden gerealiseerd.

Een digitaal RC filter verzorgt de bandbreedtebeperking van de phase locked loop. Een dergelijk filter is getekend in fig 5, en met een Z-transformatie in casu een bi-lineaire substitutie voor p (Tustin transform) als zijnde de eerste term van een Taylor ontwikkeling van de ln (natuurlijke logaritme) functie is het erbij staande digitale equivalent ontworpen.

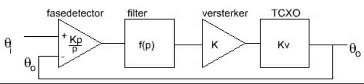
$Kp = \frac{1}{2\pi}$ count per radiaal VCO faseverschil

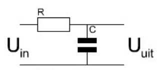
$K =$ versterking

$Kv = \frac{2\pi . 9{,}4}{4096}$ rad/[seconde.count] voor 9,4 Hz regelbereik en 12 bits DAC

$k = Kp . K . Kv$

$$\frac{\theta_o}{\theta_i} = \frac{k . f(p)}{p + k . f(p)}$$





τ = RC

$$f(p) = \frac{U_{uit}}{U_{in}} = \frac{1}{1 + pRC} = \frac{1}{1 + p\tau}$$

$$\frac{\theta_o}{\theta_i} = \frac{\frac{k}{\tau}}{p^2 + \frac{1}{\tau}p + \frac{k}{\tau}}$$

Polen -nulpunten van de noemer- (dus niet die van het meldpunt van de PVV) zijn $p = -\sigma \pm j\omega$

die bepalen het transient gedrag van de phase locked loop $p_{1,2} = \omega_n[-\zeta \pm j\sqrt{1-\zeta^2}]$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{\tau}}$$

dempingsfactor ζ is $\frac{\sigma}{\omega_n}$

$$\zeta = \frac{1}{2\sqrt{k\tau}} = \frac{\omega_n}{2k}$$

$$\tau = \frac{k}{\omega_n^2}$$

fig. 5 Lineair PLL ontwerp

Een en ander op dezelfde wijze als vermeld in het artikel FS30-DCF gepubliceerd in CQ-QSO nr 9/10 en 11/12 2012

We ontwerpen eerst een phase locked loop (PLL) als aangegeven in fig. 6.

Analoge loop filter:

$$f(p) = \frac{U_{uit}}{U_{in}} = \frac{1}{1 + pRC} = \frac{1}{1 + p\tau}$$

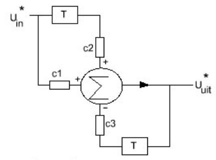
Vervang p door $\frac{2}{T}\frac{z-1}{z+1}$ de bilinear Tustin transformation

factor van de hoogste macht van z in de noemer 1 maken

teller en noemer delen door hoogste macht van z in de noemer

z^{-1} is vertraging T (= sampletijd)

$$f(z) = \frac{U^*_{uit}}{U^*_{in}} = \frac{\frac{1}{1+\frac{2\tau}{T}} + \frac{1}{1+\frac{2\tau}{T}} z^{-1}}{1 + \frac{1-\frac{2\tau}{T}}{1+\frac{2\tau}{T}} z^{-1}} = \frac{c_1 + c_2 z^{-1}}{1 + c_3 z^{-1}}$$



waarin U^*_{in} en U^*_{uit} bemonsterde waarden

T= sample-periodetijd

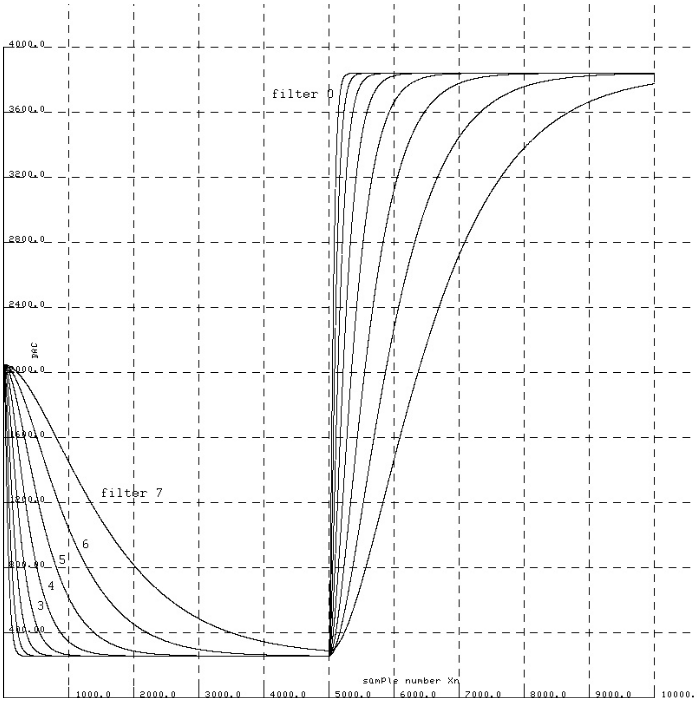
fig 6 Digitaal ontwerp PLL filter

De fasedetector levert een aantal counts per radiaal faseveschil tussen 10 MHz en onze TCXO. Die wordt Kp genoemd en is hier 1/(2.pi) [count/rad]. Immers 1 Hertz foutstand van de lokale TCXO geeft een count extra per seconde. De uitgang van de fasedetector gaat naar een RC filter, dat filter bepaalt tezamen met de K (een extra versterkingsfactor), de Kf en Kv de loop-eigenschappen, zoals in formules aangegeven in fig. 6. Zeta is de dempingsfactor, die is, indien 1, kritisch, dat wil zeggen nog net zonder enige overshoot wordt de eindwaarde bereikt. De formule voor zeta laat zien dat het product k.tau dan een constante moet zijn. Verder zien we uit de formule voor de eigenfrequentie omega_n van de loop dat die sqrt(k/tau) is. Omdat k=K.Kp.Kv en Kp en Kv vastliggen in het ontwerp, zien we dus dat de extra aangebrachte versterking K bij toename omega_n snel laat toenemen omdat dan tevens gelijktijdig tau afneemt, aangezien k.tau constant is bij kritische demping. Het is dus zaak k met de drie jumpers zodanig te kiezen dat de loop uitmiddelt van 5 tot 1000 seconden, om het apparaat universeel toepasbaar te maken voor oscillatoren van diverse kwaliteit.

De loop is analoog stabiel, maar door de afronding op gehele getallen door de fasevergelijker is bij hoge K een limit cycle van enkele DAC stappen waarneembaar, die dan echter geen rol speelt, omdat hoge K

samengaat met een snelle regeling van inferieure oscillatoren en die paar DAC stappen een regeling in de orde van 10^{-10} betekenen.

Vervolgens is dat analoge RC filter gedigitaliseerd, de wijze waarop dat geschiedt is verklarend samengevat in fig. 7.



Niet de hele theorie staat daar, maar wel alle hulpmiddelen die nodig zijn om de zaak zelf te berekenen voor andere typen filters, andere bemonstertijden T etc.

Bij de fs30-dcf heb ik al aangegeven de PLL met een lag-lead filter, (dat is een R in de langstak en een R in serie met een C in de dwarstak,) voor hogere frequenties (fasejitter van de GPS) maar 6 dB per octaaf dempt terwijl een RC filter 12 dB per octaaf dempt, wat een overweging was een simpel RC filter te digitaliseren in plaats van een phase lag-lead filter.

Na het filter is er dus Kp*f(p)/p beschikbaar. Dit wordt versterkt met K de met jumpers instelbare constante, en vervolgens aan de DAC toegevoerd, die met de in het schema gebruikte onderdelen 9,7 Hz per 4096 DAC counts variatie geeft van de TCXO. Die factor wordt Kv genoemd en die is dus 9,7*2pi/4096 radialen/[seconde.count] als de TCXO 9,7 Hz varieert over de volle seinspan van de DAC. De open loop gain, dus nog zonder terugkoppeling van de uitgang naar de ingang, is dus (Kp/p).K.f(p).Kv. In de formule is Kp.Kv.K=k genoemd.

Trekken we nu van de ingangsfase van de nog open loop de uitgangsfase af en voeren we het verschil aan de fasedetector toe. Dan wordt de overdracht van de nu gesloten loop verkregen, zoals in het analoge ontwerp is aangegeven, behoudens kwantiseringseffecten van de DAC en de fasedetector, die blijkens computersimulaties nauwelijks invloed hebben, en dan alleen nog maar bij hoge K.

De weegfactoren c1, c2 en c3 zijn voor 8 filters berekend met een programma geschreven in C, dat als output de assembly listing geeft van de 8 sets filterconstanten, die direct ingebed kan worden in de sourcelisting van het programma, dat geschreven is in assembler. Dat vermijdt typefouten. De gekozen seinspan van de TCXO is niet willekeurig. Als we die te klein nemen loopt de oscillator door oudering van het kristal uit het regelbereik van de DAC, en als we die te groot nemen geeft de fasedetector maximaal een bedrag af dat de faseverandering per seconde die de fasedetector kan aangeven overschrijdt.

De extra versterking K in de loop varieert van 10 voor filter 0 tot $1/(10^{0.2})$ voor filter 7, steeds voor elk volgende filternummer met als factor de vijfdemachtswortel uit 10 verlaagd. Met deze waarden zijn de filterconstanten berekend. De sprongkarakteristiek van de loop voor grove frequentievariaties, die overeenkomen met nominale frequenties bij DACwaarden van 200 en 3500 is voor de 7 filters geplot in fig. 8. De x-as bevat de seconde tikken, de y-as de DAC waarde en dus ook de het frequentieverloop.

Als de TCXO te hoog staat in frequentie, dalen de metingen van de fasedetector, na het digitale filter daalt het gemiddelde dan ook en bij mijn TCXO betekent een dalende DAC waarde een hogere frequentie, daarom is het teken van K negatief, omdat de zaak anders niet stabiel is.

Mocht dat bij je eigen TCXO realisatie net andersom uitpakken dan moet pen 23 van de controller (P2.3) met massa worden verbonden, dat zorgt de firmware ervoor dat het teken van de versterking K omkeert.

Het rekenen met de weegfactoren dient nauwkeurig te geschieden en daarom heb ik gebruik gemaakt van het eerder geschreven floating point pakket voor 32 bits mantisse, en 8 bits exponent, voor de YALC een LC-meter (CQ-PA 7/8 2009), dat ook in de fs30-dcf gebruikt is. Dat originele pakket kon niet onaanzienlijk worden bekort omdat de routines van decimaal naar binair floating point en de terugconversie hier onnodig zijn, de input is binair en de output naar de DAC ook.

De tijd uitgedrukt in seconde van een week, zoals aangeboden door de Trimble in packet 0x41, is in een float van 4 bytes volgens het gestandaardiseerde IEEE-754 format. Dat moet dus eerst geconverteerd naar mijn format om na herhaaldelijke delingen de tijd op de gebruikelijke wijze hh:mm:ss en de weekdag te kunnen weergeven op de display.

De DAC

De DAC LTC1257CN8 is serieel, heeft zijn eigen interne referentie en heeft een voedingsspanning van 5 volt nodig. Het is een 12 bits type hij heeft dus 4096 uitgangsniveaus, die worden met een spanningsdeler zodanig aan de TCXO toegediend dat de variatie over dat hele bereik ongeveer 9,7 Hz is. Dat is dus per stapje van de DAC een frequentievariatie van minder dan 3 op 10^{10}. De DAC is geen IC-moeilijk, want die kocht ik uit voorraad bij Conrad, bestelnummer 178616.

De fasevergelijker

De schakeling van de fasevergelijker die in fig 1 is uitgelegd is als schakeling getekend in fig 8. Zoals daar te zien is wordt de doorlopende 16 deler tevens gebruikt om 5 MHz en 2,5 MHz uit de standaard te halen als beschik-

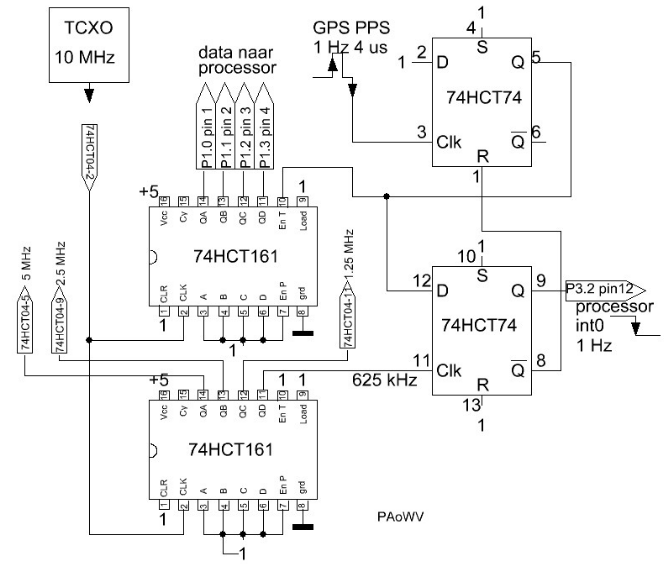


fig. 8 De digitale fasevergelijker

bare uitgangssignalen van de standaard via een inverter. Gebruik je TTL IC's uit de 74LS serie, dan moet de faseteller een 74LS161A zijn; die A duidt aan dat de T-enable van de teller laag mag gaan gedurende de tweede helft van de klokperiode. Als je langere coaxkabels gebruikt op de output is het verstandig eerst een verzwakker op de connector te zetten, die op 50 ohm uitkomt en bijvoorbeeld -10 dBm aan de kabel levert die aan het andere einde met 50 ohm is afgesloten. Dat kan met een serieweerstand van 820 ohm en een weerstand van 50 ohm naar aarde.

De controller-schakeling

In fig. 9 staat het schema van de controllerschakeling. Een 40 pens DIL IC is gebruikt, geen SMD dus, want de vergrijsde amateur met bibberhanden, sterke loeplamp, door cataract senilis geteisterde ogen en een tamelijk grove bout kan zoiets dan nog in elkaar zetten.

Een geintegreerd SIL staafje met 8 weerstanden van 10k is gemonteerd bij port P0, omdat die geen interne pull up weerstanden heeft. Een HD44780 industry standard compatible LCD, 2 regels van 16 karakters elk, is gemonteerd op port P2. Het programma kan ook worden geassembleerd voor displays van 4 regels van

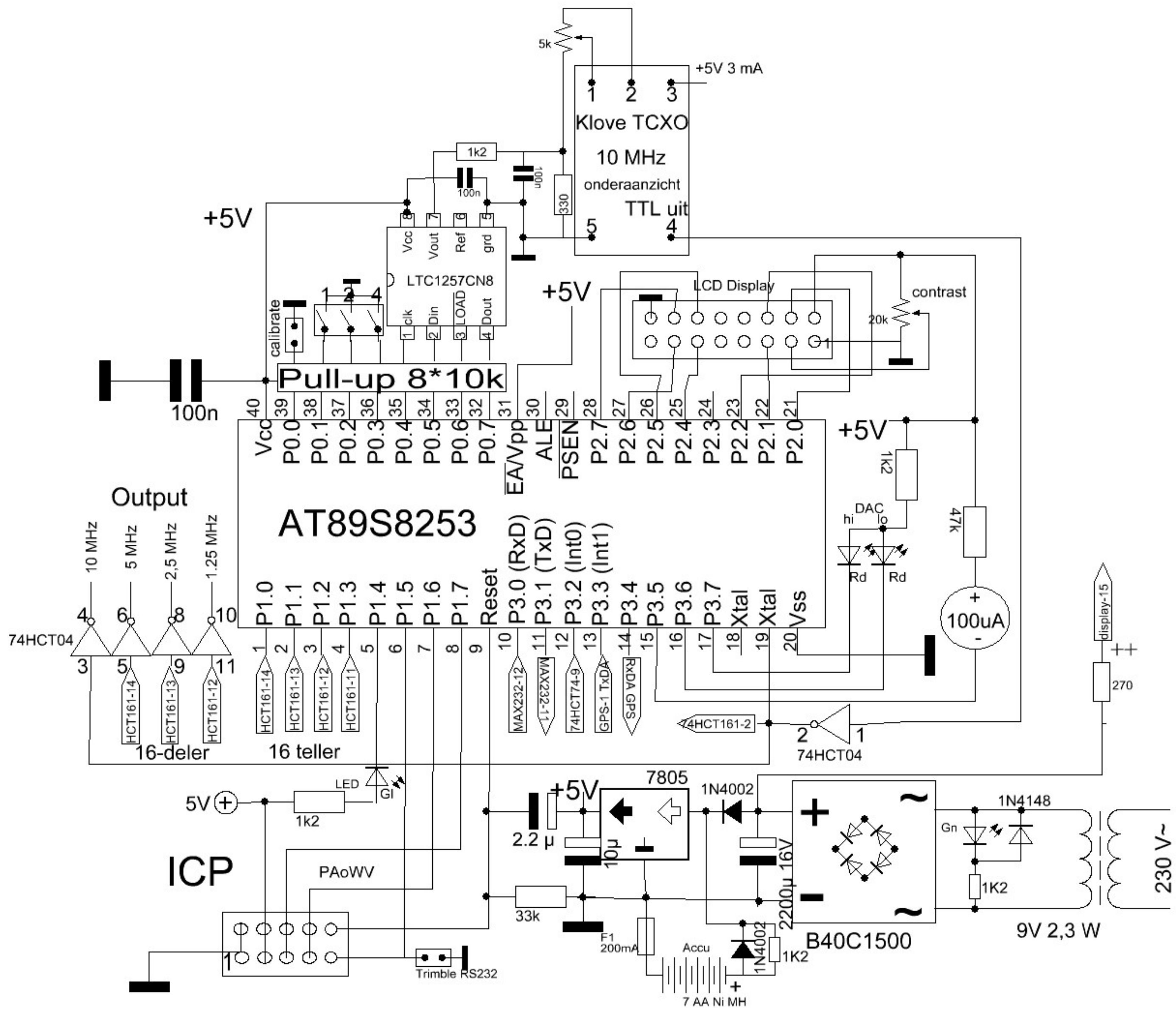


fig. 9 de processor en DAC

20 karakters. Die van Baco (type C420W01NBW00 van Crystal Clear Technology) waren 3 maal goedkoper, maar op een aantal fronten inferieur aan die van Conrad; minder licht, en pen 15 en 16 moeten op de bandkabel verwisseld worden, om de displayverlichting te laten werken, ze initialiseren moeilijker en je kunt ze alleen goed lezen als ze hoger dan je ogen staan, door beperkte kijkhoek.

Het beste is een boxed header voor de aansluiting op de print te gebruiken, zodat je voorkomt dat je de bandkabelsteker een halve slag gedraaid of verschoven op de pinnen prikt.

Er zitten 3 jumpers of schakelaars op P0.1 t/m P0.3 waarmee de tijdconstante van het phase locked loop filter gekozen kan worden. De jumpers zijn in het schema genummerd 1,2,4, zodat met 3 jumpers 8 filters zijn in te stellen. Geen enkele jumper geplaatst is filter 0 en alle jumpers geplaatst dus filter 7.

In fig. 10a staan de gegevens die hexadecimaal op de 2 regelige display verschijnen gerubriceerd. Handig om die op een plakkertje erbij te zetten op de kast van het apparaat. Evenzo levert fig 10b de display als je voor een 4 maal 20 karakterdisplay kiest.

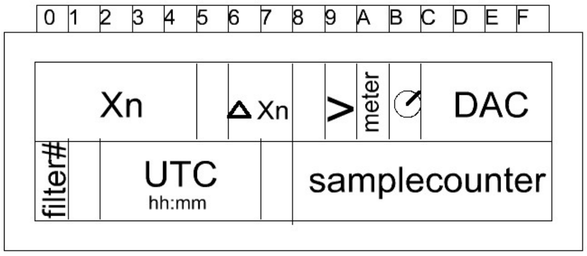


fig. 10a Indeling LCDisplay (2 *16)

Van de twee rode LEDs kan er hooguit één branden, zodat een gemeenschappelijke serieweerstand volstaat. Een led gaat aan als de DAC dicht bij de onderkant of bij de bovenkant van zijn regelbereik komt. Bij het inschakelen van het apparaat moet 2,1 seconde gewacht worden alvorens met de Trimble te communiceren, zoals Trimble vereist. Die tijd wordt aangegeven, mede ter controle, door de onderste rode LED te laten branden. Gaat tijdens de normale werking een van beide rode LEDs aan dan moet de potmeter van de TCXO beter worden afgeregeld. Tijdens afregelen een jumper op P0.0 van de controller zetten; de DAC staat dan in zijn middenstand en de TCXO moet dan met de 10 turn pot op 10 MHz worden ingesteld. Een turn van 360 graden is ongeveer 1 Hz, en 400 DAC stappen, dus heel weinig draaien.

De GPS ontvanger werkt, wat aan de gele LED te zien is, die gaat dan steeds een seconde aan en een seconde uit, iedere keer als de GPS een secondepuls afgeeft, en de interruptafhandeling daardoor met succes wordt aangeroepen. De afregeling dan zo instellen dat de fase op de meter of de faseindicator op de LCD, behoudens jitter, gemiddeld stabiel wordt gehouden. Staat tijdens gebruik van de standaard de DAC een stuk hoger dan 0x800, dan staat de TCXO te laag in frequentie (bij mijn TCXO) in de middenstand van de DAC. Door oudering van kristal kun je verwachten dat op de lange duur de DAC omlaag loopt om dat te corrigeren.

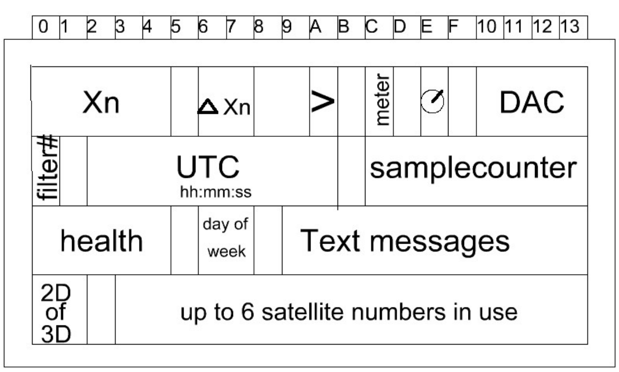


fig. 10b Indeling LCDisplay (4 *20)

De analoge meter wordt met een blokgolf van 25 Hz afkomstig van timer_0 van de controller met een variabele mark/space verhouding gestuurd en die heeft slechts 16 discrete standen, net als de 16 teller. De interrupts worden verdeeld in even en oneven, bij de even interrupts wordt de 4 bits fase in het meest linkse nibble van de 16 bits preset gegeven en bij de oneven interrupts wordt daar het complement ingezet, zodat die twee tezamen een constante periodeduur geven van de opgewekte blokgolf, terwijl de laag-hoog verhouding evenredig is met de 4 bits fase. De meter wijst door zijn traagheid het gemiddelde en dus de space/mark verhouding aan. Er zit ook een downcounter in de routine, om eenvoudig tijdvertragingen te kunnen instellen, zoals gebruikt tijdens initialisatie van de Trimble, om 2,1 seconden te wachten alvorens de Trimble aan te spreken, omdat die anders nog niet luistert.

Faseindicator op de display

De LCD heeft 8 programmeerbare karakters. Daarmee is de faseindicator gerealiseerd. Er zijn echter 16 fases in plaats van 8, en daarom wordt gebruik gemaakt van 2 sets van 8 waarden die in de 8 vrije karakter-fonts kunnen worden geplaatst. Als de fase uit de geladen set wandelt wordt de andere set geladen. Naar keuze kan het programma worden geassembleerd op een draaiend wijzertje, of op een 3 pixel breed min-teken dat verticaal links en rechts in een 5 maal 8 karakterpositie qua hoogte het verloop van de fase aangeeft.

De ICP connector is slechts aanwezig voor de ontwikkeling van de software, bij nabouw kan

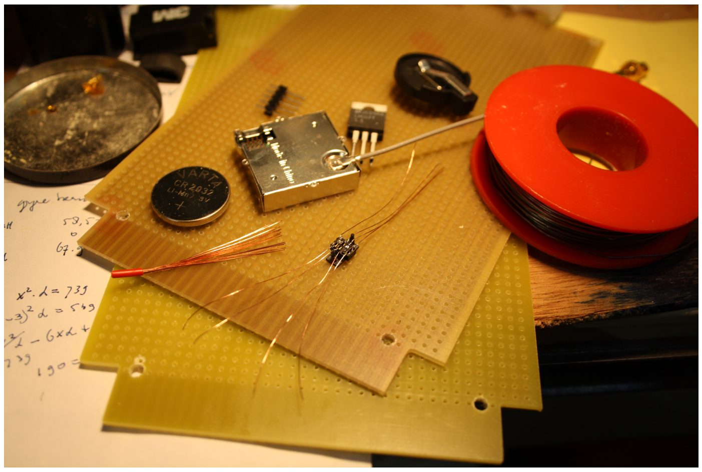
die worden weggelaten. De voeding heeft een LiMH battery backup, zodat de zaak blijft doorfietsen als de netspanning wegvalt. Omdat die battery packs een enorme stroom kunnen afgeven, is er met 200 mA 'flink' gezekerd met een insoldeerbare zekering van 200 mA F. De RC tijd van het traagste filter7 ligt op meer dan een uur, dus doorlopen bij uitval van de netspanning is gewenst. Er is een druppel-ladingsweerstand die ervoor zorgt dat de batterij niet leegraakt door zelfontlading. Die laadt 1,5 mA, en als de netspanning wegvalt wordt de accu met 100 mA ontladen. Er is op de nettrafo een groene LED aangesloten, zodat je kunt zien dat de netspanning er is. En waarmee min of meer wordt voorkomen dat je die per ongeluk uitschakelt, en dan na verloop van ettelijke uren je batterij leeg is. De verlichting van de display brandt alleen als de netspanning aanwezig is. Die trekt 50 mA en dat gaat altijd maar door, dus je kunt die eventueel van een Hollandse schake-laar voorzien, omdat je dat qua energieverbruik een euro per jaar kost. De display is als er van buiten licht op valt overigens ook af te lezen.

De Trimble ontvanger

De Trimble GPS ontvanger te zien op foto 2 draait op 3,3 Volt, vandaar dat er een aparte low drop regelaar LM1117T is die van 5 Volt 3,3 Volt maakt.



Voorts is er een backup battery die bij de Trimble hoort. Het duurt na eerste inschakeling tamelijk lang voor de ontvanger de gegevens heeft verzameld van de tijd en de banen van de satellieten in een almanak. Weet hij die eenmaal en wordt die vastgehouden middels de battery backup in RAM, dan is er na een volgende maal inschakelen veel sneller output beschikbaar, omdat de ontvanger dan kan uitrekenen aan de hand van zijn interne ruwe tijdmeting waar hij welke satellieten aan het zwerk kan verwach-ten, mits de apparatuur inmiddels in uitgescha-kelde toestand niet over grote afstand verhuisd is.



Het 8 pens voetje waar de Trimble ingedrukt wordt is SMD, dus een printje met de juiste footprint die het solderen daarvan vergemak-kelijkt is niet weg. Hoewel solderen van dun draad, 0.15 mm bijvoorbeeld, aan het voetje wel moeizaam mogelijk is. Een uitgeplozen ader van een soepel netsnoer bewees mij hier goede diensten. Het plaatje foto3 toont de onderdelen uit de kit gereed voor montage.

De aansluitingen van het voetje en het schema zijn te vinden in fig 11. Nadere montageaan-wijzingen staan bij de paragraaf Bouw vermeld. De rest van de schakeling kan allemaal op gewoon gaatjes-board, met een soldeereilandje per gaatje, worden gemonteerd. De actieve waterdichte antenne met magnetische kleefvoet moet de satellieten kunnen zien. Ik heb hem gekleefd op het ijzeren frame van mijn dak-raampje in de shack. In de door de ontvanger afgegeven berichten kun je zien, hoeveel satellieten worden gebruikt, hun signaalsterkte en de kwaliteit van de berekening. Het format van de berichten staat beschreven in de handleiding van de Trimble.

RS232

De RS232 output van de meetgegevens wordt opgewekt met een MAX232. Het schema van die interface en de lay out op gaatjesbord is te

vinden in fig 12. Om grafieken van een tijdas te kunnen voorzien is er een 4 byte sample-teller, die dus 1 per seconde omhoog loopt, zolang de GPS ontvanger secondepulsen afgeeft. Die event-teller staat rechts op de tweede regel van de LCD display, ook weer in hexadecimale notatie. Met 4 bytes kun je tot 2^{32} tellen, en omdat log 2=0,3 is dat ruwweg $4*10^9$. Een jaar bevat nagenoeg $pi*10^7$ seconde dus die teller kan meer dan 100 jaar vooruit alvorens aan zijn maximum te komen. Dat maken wij niet meer mee.

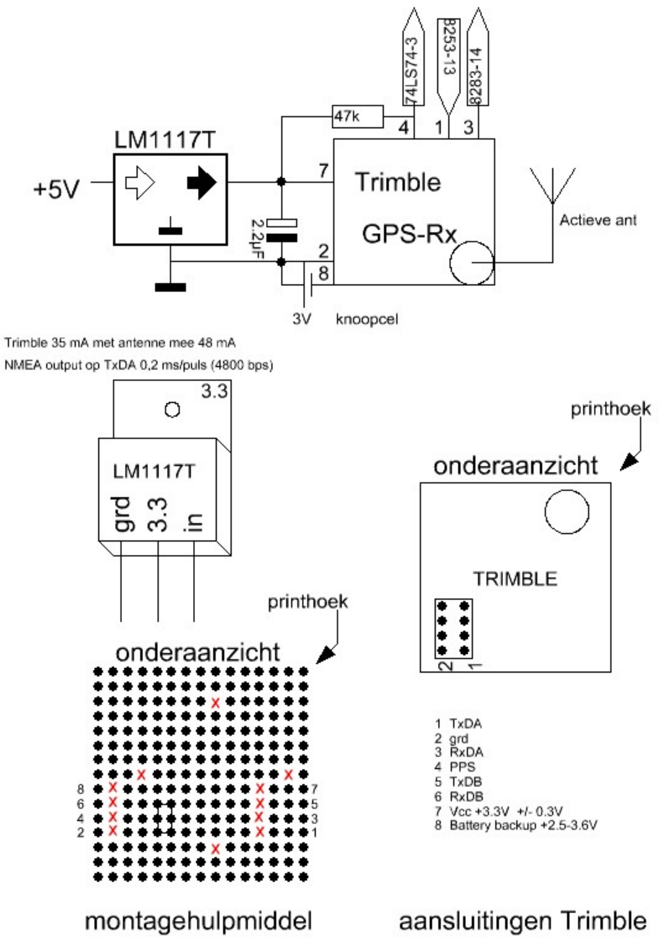


fig. 11 Trimble GPS-rx

De bouw

De hele zaak staat op een euro print dus 10 maal 16 cm. De opstelling van de onderdelen die ik hanteerde is te vinden in foto 4. Begin met 3 mm gaten te boren op hoekpunten, zodat je later niet in de verleiding komt op die bevestigingspunten draad of onderdelen te zetten. De print vormt dan de mal om gaten in de bodem te boren, en afstandbussen houden hem daarvan af. Die bussen van het type die op elkaar kunnen worden geschroefd, kunnen dan



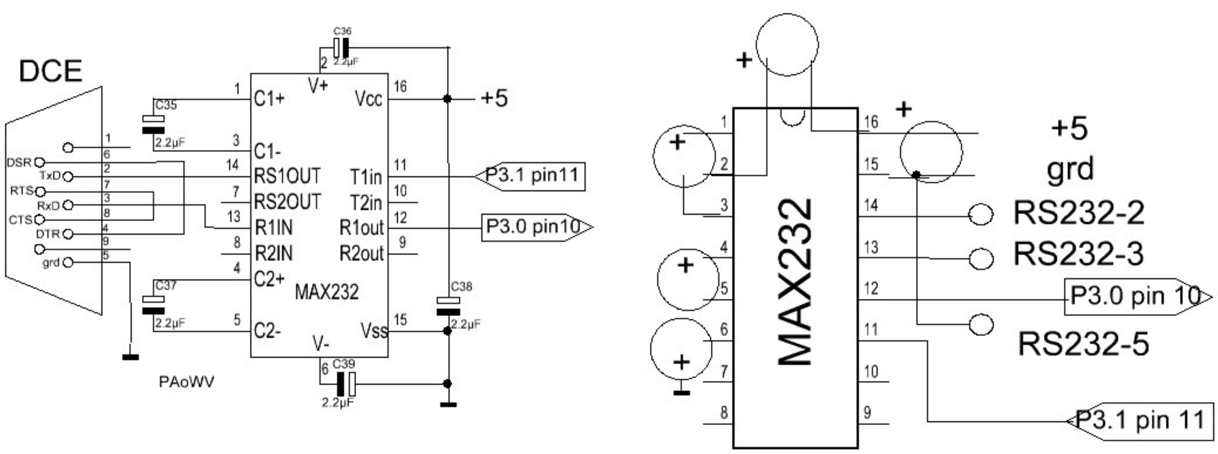
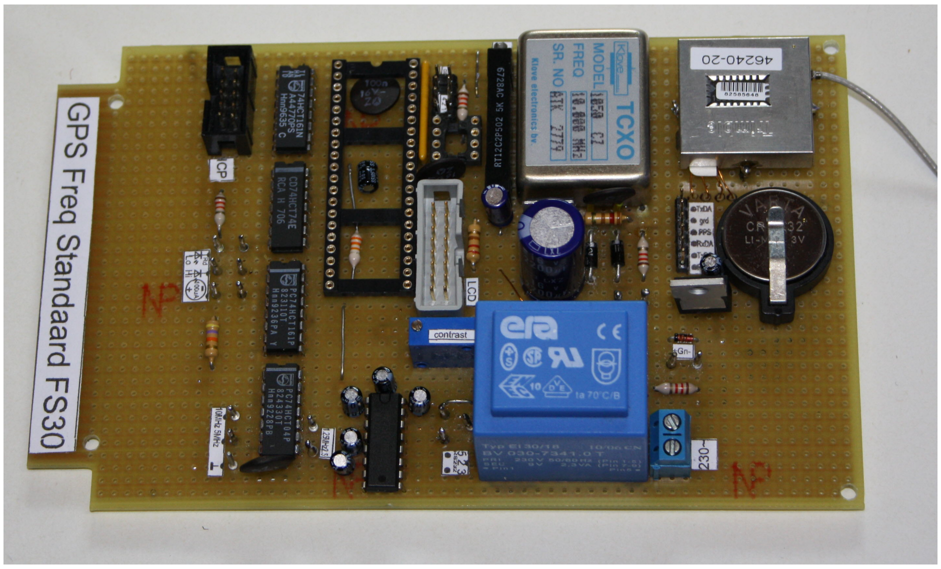


Fig. 12 Seriele interface



een tweede stuk printplaat insluiten, waarop het battery pack bevestigd is. Het gemonteerde battery pack is getoond op foto5. Een plek van de 8 plaatsen is vrij en daar zit een zekering in gemonteerd, te zien op foto 6. De samenstelling van die constructie wordt verderop besproken.



Trimble monteren

Het eerste dat moet gebeuren is de Trimble monteren op het gaatjes board. SMD voetje van afgesplitste draadjes van een soepel netsnoer voorzien. Dat valt niet mee. Als gaatjes voor de pennen vollopen met soldeer, zit je in de problemen, want dan krijg je het voetje niet meer op de Trimble gedrukt. Dus alleen de aansluitlipjes vertinnen en geen extra vloeimiddel gebruiken. Een stukje emaillegeisoleerd draad van 0,4 mm door de pennetjes holletjes van de connector steken om vollopen met soldeer te voorkomen. Daar kwam ik pas achter, toen er al een gaatje vol was. Verhitten en blazen om het tin eruit te krijgen, leverde een bij die pen gesmolten voetje op. Rampzalig. Uiteindelijk een pennetje van de Trimble op die plek een draadje aan gesoldeerd. En met een sleutelvijl het gesmolten deel van het voetje weggevijld. Fraai is anders.

Die uitgeplozen koperdraadjes vertinnen aan het einde, dan zien dat je ze vastsoldeert zonder sluiting. Uiterst voorzichtig, beslist geen vloeimiddel gebruiken. De draadjes loodrecht op de penrichting dus in de richting van de aansluitlipjes aan het voetje solderen. Op foto3 zie je hoe dat er uit ziet. De vier gaatjes van de metalen afscherming van de Trimble van een stukje blank montagedraad voorzien en solderen in de oogjes van het Trimblehuisje. Antenne interfacekabeltje op de GPS antenneconnector drukken, interface voetje idem. Aan de hand van de tekening in fig 11 tevoren op de print met een puntig hobbymesje, of een 3 mm boortje, de gaatjes die op de tekening met X zijn aangegeven wat uitschrapen zodat ze makkelijk te herkennen zijn, als de gaatjes waar de draadjes doorheen moeten, zonder ze te kruisen. De draadjes van stukjes dun isolatiekous voorzien van de juiste benodigde lengte. Het huis van de Trimble dan bevestigen met een afstand van ongeveer 3 mm tussen de bodem en de print. (Baco verkoopt teflon slang dat geschikt is als isolatiekous voor dun draad tot 0,4 mm en dat smelt niet) De draadjes volgens het schema doorverbinden met de contactlijst en de voeding. Als dat allemaal gelukt is, alles heel goed controleren, want de Trimble kun je vernielen met verkeerde spanningen en naar aarde kortgesloten Tx outputpoten. Vervolgens is de rest van het project dan de spreekwoordelijke peanuts. Lukt het monteren van de Trimble niet dan moet je hulp inroepen van anderen alvorens verder te gaan.

De draaispoel fasemeter kan weggelaten worden als je genoegen neemt met het grafische symbooltje op de LCD display. Wil je hem toch monteren, dan is het nuttig te weten dat je meters van 50 uA

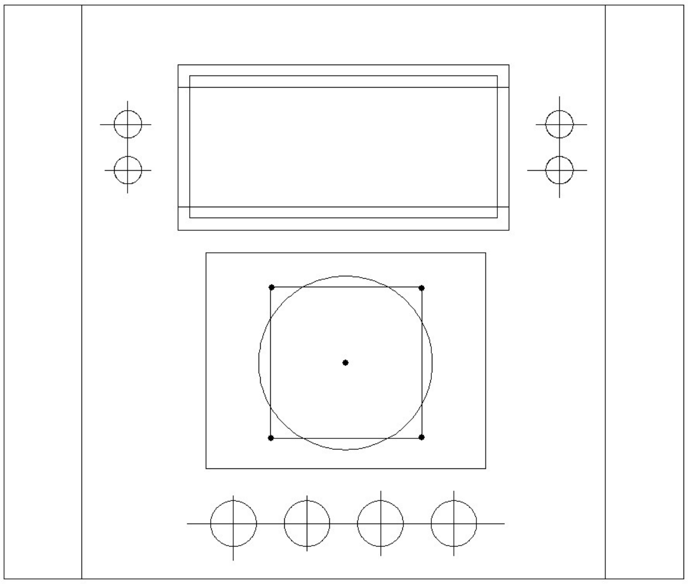


Fig. 13a Boorplan frontplaat (model 1)

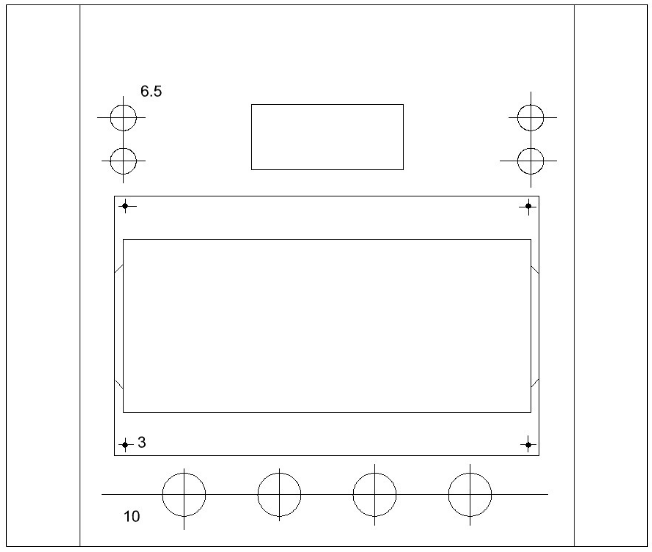


Fig. 13b Boorplan frontplaat (model 2)

bij HAJE Electronics te koop zijn voor 6,95, en bij Kent Electronics kun je goedkope metertjes van ongeveer 0,3 mA in de aanbiedingen voor 2,95 vinden, die zitten bij mij in de vierregel-display modellen. Ri ongeveer 1200 ohm. Neem geen meter die meer dan 5 mA volle uitslag nodig heeft, en pas de serieweerstand, die in het schema 47k is, aan zodat de meter bij 5 volt vol uitslaat. Een 50 uA meter dus 100 k en een 5 mA meter 1 k inclusief Ri van de meter. De Kent Electronics meterjes doen het met 12K goed.

De opstelling van de onderdelen blijkt uit foto 4. De controller is daar nog niet in de voet geprikt, zodat je kunt zien hoe de ontkoppeling en de resetonderdelen onder de voet zijn gemonteerd.

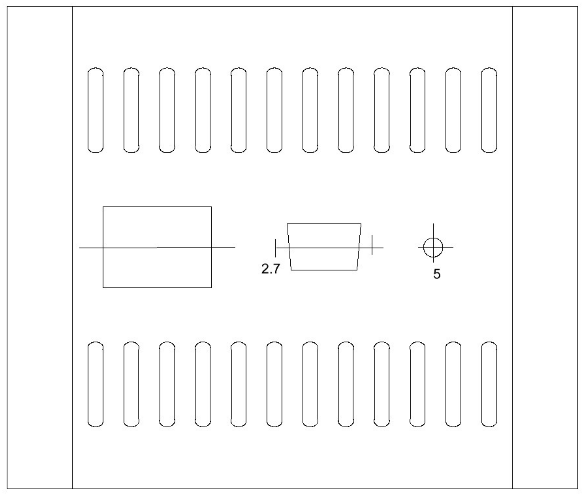


fig 14 Boorplan achterzijde

Het accupack van 7 stuks AA cellen zit in twee houders voor 4 stuks. De achtste plaats is ingenomen door drie metalen in elkaar schroefbare afstandbussen met de mannelijke zijde in een isolerend hol afstandbusje gestoken zoals foto 6 toont. Die constructie past tussen de veer en het tegencontact in de achtste batterij-positie. Stukje 2,5 kwadraat installatiedraad in het schroefgat van het busje solderen, houdt de zaak gecentreerd. Het geisoleerde busje verhin-dert stroomdoorgang; het is overbrugd met een ingesoldeerde zekering 200 mA flink tussen twee soldeerlippen. Dat voorkomt hopelijk onge-lukken als het accupack op de een of andere manier wordt kortgesloten.

Het kastje heb ik een boorplan voor getekend, fig 13a en b en fig 14 geven op kleine schaal het voorbeeld. Gebruik een metalen kast liefst met een netfilter om HF buiten te houden, het getekende boorplan plak ik op het te boren materiaal met wat kleeftape en neem met een centerpunt en kraspen de relevante posities over, waarna met een figuurzaag voor de niet ronde gaten en een boor en vijl de zaak wordt pasgemaakt op de te plaatsen onderdelen.

Ook voor de batterijenprint is een malletje

getekend in fig 15, Het is verstandig tussen de batterijhouder en de print een stukje carton op te nemen als extra isolatie, want de kwaliteit van die houders is ronduit inferieur. Ook de drukknoopaansluitingen kun je beter niet los kopen met hun apenharen aansluitdraden, maar zelf maken door een lege 9 Volt blokbatterij te slopen. Je hebt er twee nodig, die zodanig worden bedraad dat de twee batterij-packs in serie staan.

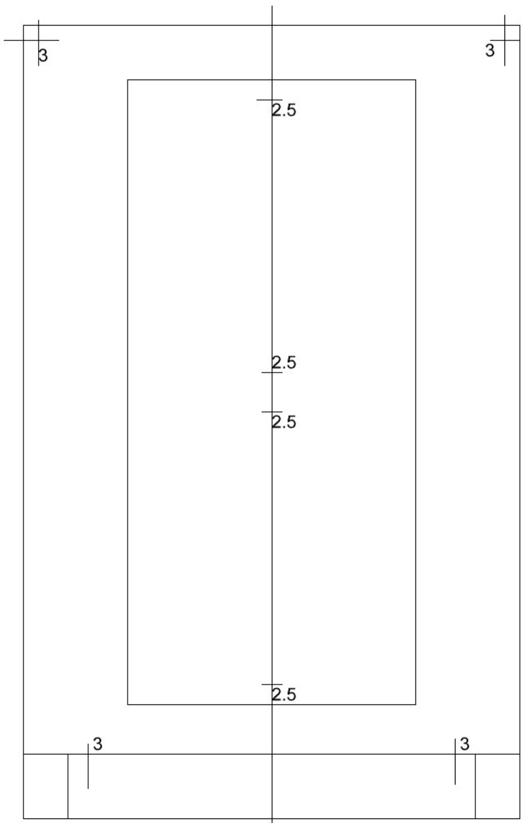
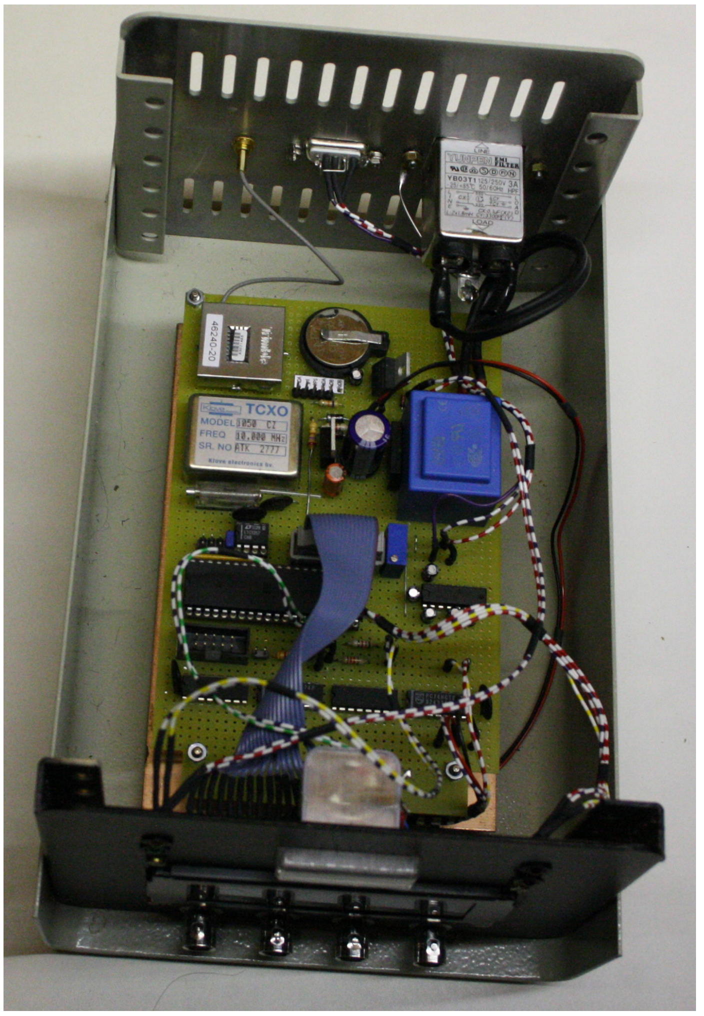


fig 15 Boorplan batterijhouders

Afregelen

We beginnen met het instellen van de Trimble ontvanger. Daartoe een PC via de RS232 port of RS232-USB adapter aansluiten, en het programma IQ-Monitor starten, dat programma stelt Trimble beschikbaar en het is ook op de bij de kit aanwezige CDROM te vinden. Dat programma kan vanuit windows worden gestart, en het converseert met de Trimble in het binaire TSIP protocol. De jumper op pen 6 van de processor naar aarde moet daartoe worden geplaatst, de processor is dan transparant richting Trimble en terug. Is



de actieve antenne nog niet aangesloten dan zie je dat op je PC scherm, daarmee weet je gelijk dat de verbinding er is. Antenne aansluiten en in het zicht van de satellieten zetten, achter glas. Na enige tijd, maximaal een kwartier, zie je vakjes groen worden, van gebruikte satellieten, begint de tijd te lopen en wordt de positie bepaald. Rustig wachten, tot de almanak volledig is, dat kan ook ruim een kwartier duren. Is dat het geval, dat zetten we via de bovenbalk van het venster Configure-> I/O options. Timing op UTC time, PPS output op Fix Based, Enhanced sensitivity mode off, Dynamics code: Stationary Receiver mode: 3D. Serial port 1 configuration TSIP 2400 8N1, PC laten meeveranderen qua snelheid van de verbinding, en de data met een aangeboden optie in flash memory van de Trimble laten zetten, dat laatste vooral niet vergeten. Port 2 niets aan doen. De PC kan dan op hyperterminal gezet 9600 8N1, en de jumper op processorpen 6 weggehaald. De controller



converseert dan op 9600 Bd in ASCII met de PC en op 2400 Bd binair met de Trimble. Niet meer met IQ-monitor maar nu met hyperterminal, of de later wellicht nog te publiceren 3 channel datalogger die de RS-232 gegevens op een USB memory stick zet.

Er zitten twee instelpotmeters op de print. Een voor de helderheid van de LCD, die eerst afregelen, zodat tekst zichtbaar wordt. Vervolgens wachten tot de secondentikken binnenkomen, te herkennen aan de gele led, dan de jumper op P3.0 plaatsen (pen 39 van de processor) waardoor de DACwaarde 0800 hexadecimaal wordt, en de meerslagspotmeter van de TCXO regelen totdat de fasemeter gemiddeld stil blijft staan. Je kunt als je geen kwaliteitspotmeter kunt bemachtigen, en de uitgangsspanning dus wat kan springen de waarde van de potmeter als die bijna goed staat meten, die potmeter vervolgens vervangen door twee metaalfilmweerstanden van hooguit 5% tolerantie en een 10 maal kleinere potmeter. Dan doet de kwaliteit van de potmeter tien maal minder ter zake.

Foto7 toont het kant en klare apparaat met de bovenzijde van de kast nog open, en foto 8 een stapel van 3 stuks, waarvan een met een 2 maal 16 display.

Als de TCXO gemiddeld goed staat, de jumper op P0.0 weghalen, en voorlopig op filterpositie 4 zetten, na een uur kijken wat de waarde van de DAC rechts boven op de display geworden is. Als die niet in de buurt ligt van 0800 hex, dan de potmeter ietsje (10 graden verdraaien) bijregelen en dan uren later kijken wat het effect is. Als de waarde tussen 0700 en 08FF staat is dat ruim voldoende. Niet meer aankomen dan.

Een geprogrammeerde controller is door mij leverbaar. Naar wens voor aansluiting van 4 maal 20 of 2 maal 16 display. Kost 16 euro inclusief verzendkosten. Als je niets specificeert krijg je hezelfde type als de vorige besteller. Neem daartoe contact op via email met mijncall@amsat.org waarbij mijncall uiteraard moet worden vervangen door mijn call:

PA0WV

Echte QRP met een Raspberry Pi

Gert Baak, PE0MGB

In januari schreef ik een stukje over de WSPR mogelijkheden met een Raspberry Pi met een uitgangsvermogen van ongeveer 10mW. De resultaten waren onverwacht goed met als grootste afstand W4AC op 7554 km op 40 meter. Het HF signaal komt uit een I/O poortje van een microprocessor. Als je naar de signaal rapporten kijkt, zou het met een nog lager uitgangsvermogen ook nog redelijk moeten werken. Stations die een SNR rapporteren beter dan -20 zouden me met 10 dB minder vermogen nog steeds moeten kunnen horen. Immers WSPR kan een signaal met een SNR van ~ -30 nog rapporteren.

QRP, QRPp en QRPpp ....

We zijn allemaal gewend aan transceivers met een uitgangsvermogen van 100W. Gebruik je nog meer vermogen, dan ga je QRO. Maar je kunt ook met een lager vermogen werken zoals bv gebruikt in de FT-817 en dan werk je QRP.

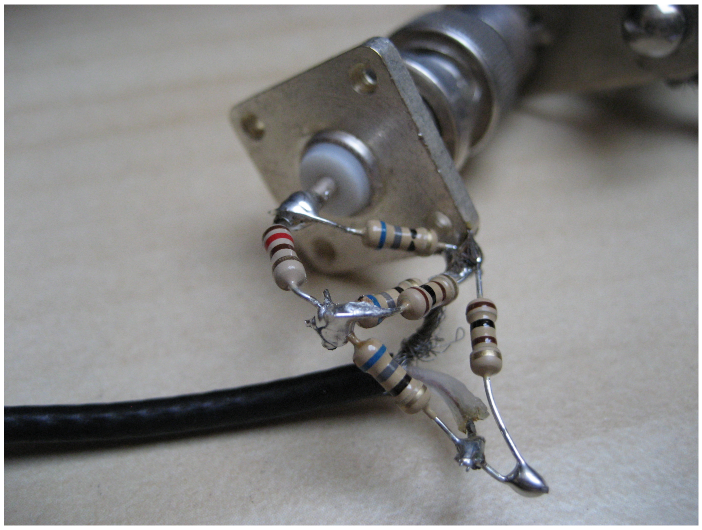
QRP betekent een vermogen van 5 Watt of minder

QRPp is minder dan 1 watt, ook wel genoemd; milliwatting.

QRPpp is de (niet officiële) term die ik gebruik voor minder dan 100 mW. Dit is ook bekend als ”twee digit milliwatting".

Maar zou het ook nog minder kunnen ???? QRPppp, één digit miliwatting ???

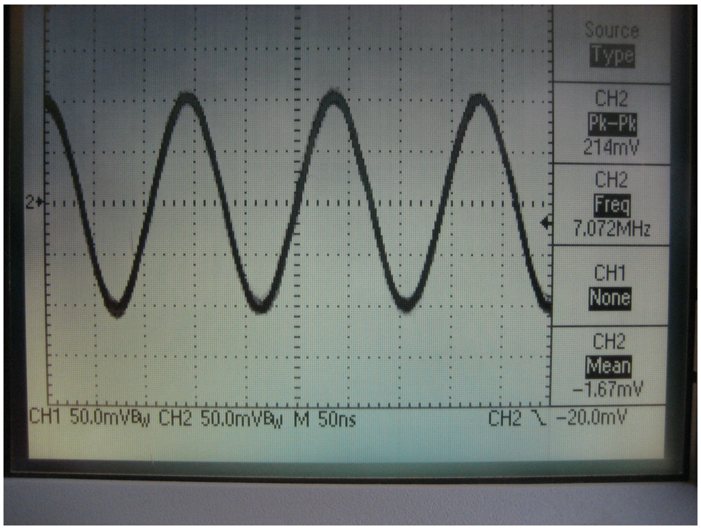
Na het toevoegen van een verzwakker had ik nog maar 1 mW over (0dBm of 600mVtt over 50 ohm) Resultaten vielen niet tegen. Over het algemeen werd ik boven de 1000 km niet meer gehoord maar daarbinnen kreeg ik vele spots gerapporteerd. Grootste afstand met 1mW was LA1NRA op 1307 km. Nog steeds rapporteerde stations soms een SNR beter dan -20. Dit was wel min of meer een zeldzaamheid geworden. Zou 10 dB minder dan ook nog werken. Dus nog maar 10dB verzwakking toegevoegd.



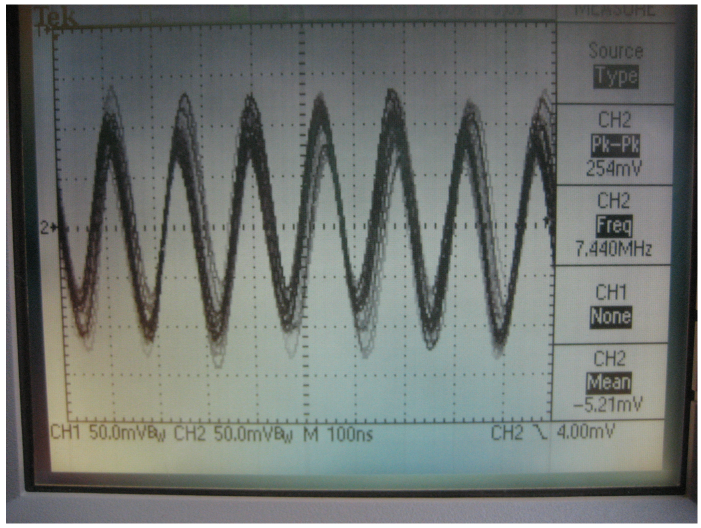
Het uitgangsvermogen was nu dus nog maar ~100 microWatt. **QRPpppp oftewel microwatting !!!!** Dus slechts 200 mV over 50 ohm. Dit vermogen is meer dan 1 miljoen keer kleiner als de output van jouw FT-897. Zou je daar ook nog verbindingen mee kunnen maken?

In WSPR kan je dit vermogen niet meer aangeven en dus de 0dBm maar laten staan in de uitzending. Op de dummyload zag het signaal er keurig uit.

Als je de scope op de antenne aansluit om het opgewekte 100 microWatt signaaltje te bekijken, dan ziet het signaal er opeens heel anders uit. Mijn uitgangssignaal valt nu samen met alle ether signalen die door de antenne worden opgepikt.

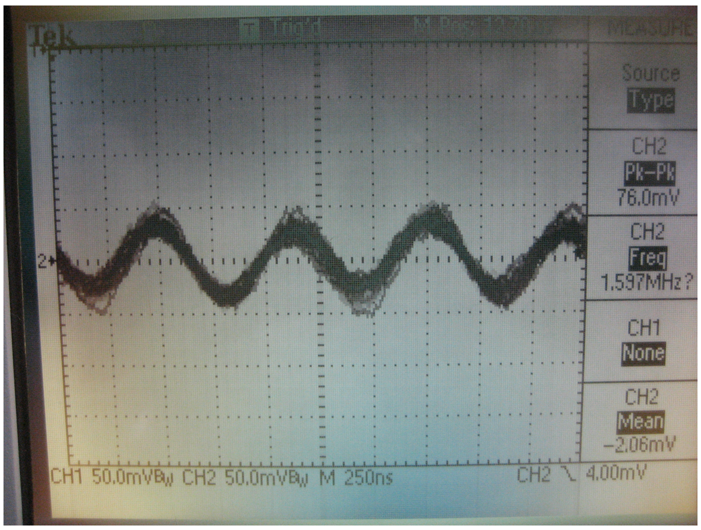


200mV gemeten op de dummy



200mV gemeten op de antenne

Een van de sterkste signalen is van de middengolfzender op 1566 kHz in Leidscheveen, hier slechts een paar km vandaan. Bijna 100mV.



1566kHz signaal op de antenne

Mijn eerste spot kwam uit de buurt van Nijmegen: PE0F op 89 km. Het aantal spots daalde van vele honderden per dag met 10 mW naar een paar per dag bij een output van 100 microWatt. De grootste afstand tot nu toe gerapporteerd is OZ7IT op 624 km. Henny PA3HK wees me op de volgende vergelijkingen:

624 km per 100 microWatt komt overeen met 6.240.000 km per Watt of 624.000.000 km per 100 W. Met mijn Whisper signaaltje kan ik met 100W makkelijk 16.000 keer de wereld rond als radiogolven zich met een kromming van de aarde zouden voortbewegen.

Of als mijn 100W Whisper signaal rechtdoor in de ether verdwijnt, dan wordt dat jaren later wellicht opgepikt door bewoners uit een onbekende galaxy. Niet te geloven dat je met Whisper zulke afstanden kan overbruggen of als je QRPpppp werkt, nog steeds in Europa hoorbaar bent. Een waar compliment aan degene die Whisper heeft ontwikkeld.

Probeer deze afstanden maar eens te werken in SSB, CW of PSK bij een output van 100 microWatt…..

Timestamp	Call	MHz	SNR	Drift	Grid	Pwr	Reporter	RGrid	km	az
2014-03-19 09:34	PE0MGB	7.040186	-30	0	JO22fb	0.001	DJ2RD	JO40cc	341	128
2014-03-19 07:58	PE0MGB	7.040189	-29	0	JO22fb	0.001	OZ7IT	JO65df	624	53
2014-03-19 07:34	PE0MGB	7.040193	-18	0	JO22fb	0.001	DK3CW	JO40id	365	124
2014-03-19 06:46	PE0MGB	7.040192	-22	0	JO22fb	0.001	DK3CW	JO40id	365	124
2014-03-19 06:34	PE0MGB	7.040192	-18	0	JO22fb	0.001	DK3CW	JO40id	365	124
2014-03-16 21:22	PE0MGB	7.040191	-24	0	JO22fb	0.001	OZ7IT	JO65df	624	53
2014-03-16 15:26	PE0MGB	7.040191	-28	0	JO22fb	0.001	G4DND	IO80	550	254
2014-03-15 13:10	PE0MGB	7.040188	-25	-1	JO22fb	0.001	OZ7IT	JO65df	624	53
2014-03-15 12:10	PE0MGB	7.040191	-30	0	JO22fb	0.001	PI4THT	JO32kf	166	83
2014-03-15 06:54	PE0MGB	7.040180	-28	0	JO22fb	0.001	G4FKK	IO91wi	325	258
2014-03-14 15:14	PE0MGB	7.040194	-26	0	JO22fb	0.001	PE0F	JO21uu	89	105
2014-03-14 14:38	PE0MGB	7.040193	-26	0	JO22fb	0.001	PE0F	JO21uu	89	105
2014-03-14 14:30	PE0MGB	7.040191	-26	0	JO22fb	0.001	PE0F	JO21uu	89	105
2014-03-14 14:10	PE0MGB	7.040191	-28	0	JO22fb	0.001	PE0F	JO21uu	89	105